

專題研究計畫成果報告

分散折射率式微透鏡陣列研製

計畫編號：NSC 90-2623-7-032-002

執行期限：90 年 01 月 01 日至 90 年 12 月 31 日

執行單位：淡江大學化學系

主持人：王文竹

中 華 民 國 91 年 5 月 1 日

一、摘要

分散折射率式的棒狀或平面微透鏡，具有近拋物狀的折射率分佈，具有成像及聚焦的性質。近年來，此形之微透鏡廣泛應用於成像系統(CCD)及光電系統中的顯微光學線路中及其它成像轉換裝置。

本計畫的目的是在光學塑膠中利用單體互換的技術，以低折射率的 MMA (meththyl methacrylate)，經由直徑約為 3 mm 圓罩外圍，擴散進入高折率的平面塑膠基質 DAP (diallyl phthalate) 或 DAI (diallyl isophthalate) 中，期望得到具有分散折射率式之微透鏡。

在透鏡的製備過程上，我們將其分成兩階段來進行，分別為前階段 MMA 單體擴散於預聚合 DAP(或 DAI)之控制與後階段微透鏡之研製。前階段 MMA 單體擴散之進行，須控制不同溫度與不同時間下 DAP 與 DAI 之聚合程度，以及 MMA 在不同條件下之擴散情形，調整適當的條件掌控最佳的擴散結果，應用於後階段微透鏡之研製，以期得到預期的聚焦與成像效果。此時圓罩上的微孔直徑，圓罩與預聚合 DAP 或 DAI 間之控制都將會影響 MMA 的擴散結果。進而決定此平面透鏡的聚焦與成像好壞。

本實驗嘗試不同製備方法取得透鏡樣品，經由光學測量其焦距及其繞射結果，判斷其具有透鏡效果。若能在 DAP 與 DAI 之聚合條件控制，以及其聚合形狀再作修正，相信能得到更好的結果。

二、緣由與目的

電子及光電系統中的元件，無不日趨輕薄短小，透鏡是光電系統中的重要元件之一，更急需微小化，所以微透鏡的研製也日趨重要。更有甚者，光電系統的集體(Integrated circuit)線路中，不只需要微透鏡，更需集合微透鏡成陣列(Array)，此種微透鏡陣列之組裝，不論在成像系統(Imaging Systems)，光學計算(Optical Computing)及光學通訊(Optical Communications)上，都需要更高的效率，簡易的操作條件，較低的價格，較小的體積及多重功能性。到目前為止，有關堆疊平面透鏡⁽¹⁾，三度空間接線⁽²⁾，表面結合技術⁽³⁾及混成集成⁽⁴⁾等法都有一些研究。

早期的微透鏡以柱狀 GRIN(Graded-Index)形式為主⁽⁵⁻⁸⁾，但此種 rod GRIN microlens 具透面狀，不易和其他光學元件相組合，更不易組裝成為大尺寸的陣列型式，它有不具準直(Alignment)的困難。如果使用平面微透鏡(planar microlens)將可克服上述之困難。1982 年 Iga 等人⁽¹⁾首先提出堆疊平面透鏡的觀念，使這些技術成為可行。

平面透鏡是利分散折射率(distributed-Index)的觀念製備而成。其製備的方法可以是擴散摻雜物(dopants)進入玻璃，電壓驅使移動(Electromigration)方法進入玻璃，塑膠透鏡中的單體(monomer)交換方法，或離子交換方法進入玻璃等。1981 年，Oikawa 等人⁽⁹⁾以預聚合

之 PDAI 再施以單體擴散，使 MMA 進入後，再進行後聚合，製得塑膠之微透鏡。後來，Oikawa 等人⁽¹⁰⁾，亦以離子交換方法，將 Tl^+ 摻雜進入玻璃，製得微透鏡，若以外加電壓進行 Electromigration，則可縮短製作之時間及縮短其焦距。1985 年，Borrelli 等人以光敏感玻璃 (photosensitive glass)，經過照光進行光分解作用 (photolytic reaction)，亦可製得平面微透鏡。

近年來，Array of planar microlenses 的研究發展及應用甚多。Itani 等人^(12,13)除了利用軸向聚焦外，亦利用側向聚焦，使 Laser Diode/waveguides 及 Laser Diodes/optical Fibers 之耦合更具效率。A. Akiba 等人用於 Image Multiplexer 系統⁽¹⁴⁾，K. Murashige 等人用於 Pattern Recognition 系統⁽¹⁵⁾，J. Shimada 等人設計了平面製程以組裝微透鏡⁽¹⁶⁾。

為了製作此類平面透鏡，我們利用高分子材質 DAP 或 DAI 為底材，以擴散 MMA 單體方法改變其折射率。在進行 DAP 與 DAI 的聚合反應時，控制其反應於半聚合狀態，此時將圓罩置於此半固化 DAP 與 DAI 基質上，加入 MMA 單體進行擴散作用，而後進行後聚合作用，使材料完全固化，以期獲得具有分散折射率效果之平面透鏡。

三、實驗部分

(A) 儀器

(1) 紅外光光譜儀 (FT-IR)

使用 BIO-RAD 公司 FTS-40 型傅立葉式轉換紅外光光譜儀，測定 $4000\text{ cm}^{-1} \sim 400\text{ cm}^{-1}$ 之波長範圍，固態樣品利用與溴化鉀 (KBr) 均勻混合研磨壓片，或與 nujol 研磨後塗於 KBr 片上測量。液態樣品直接塗於 KBr 片上量測。

(2) 原子力光學顯微鏡 (Atomic Force Microscopy)

公司：Veeco 廠牌：ThermoMicroscopes 型號：Explorer

Scanner 之 X、Y 軸最大掃描範圍： $100\text{ }\mu\text{m}$ ，Z 軸最大掃描範圍： $10\text{ }\mu\text{m}$ 。掃描方式為接觸式(Contact mode)，利用以量測材料表面形貌及平坦度。

量測方法則取用 Topography 以及 Z Modulation：

(a) Topography 的結果可得到材料表面型狀與起伏之高度差。

掃描範圍： $100\text{ }\mu\text{m}$ 掃描速度： $100\text{ }\mu\text{m/s}$ 解析度：300

(b) Z Modulation 即於 Z 軸 piezo 上加 5 KHz 振動頻率，用以

量測同一平面上不同材質因表面軟硬度所取得不同的訊號。為求達到最佳的掃描結果，須注意要降低掃描速度，並可增強振盪幅度(Amplitude)，及增加 Averaging 以降低

雜訊。

掃描範圍： $100\ \mu\text{m}$ 掃描速度： $50\ \mu\text{m/s}$ 解析度：300

Amplitude： $20\ \text{\AA}$ Averaging：5 cycles

(3) 光學測量

委託本校物理系林震安教授代測。

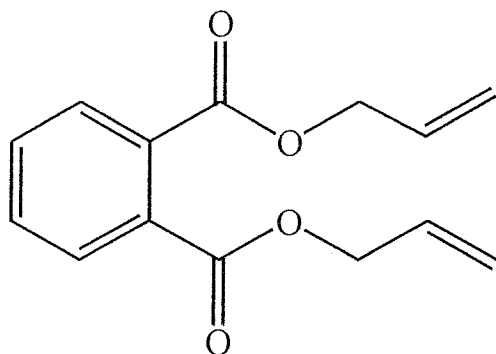
利用光柵干涉儀量測平面微透鏡之干涉圖，並利用平行單色

光取得平面微透鏡在焦點後方的光強度分佈情形。

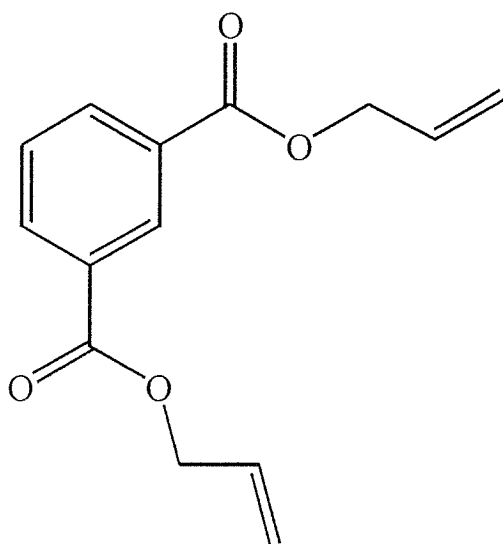
(B) 藥品

(1) DAP (dially phthalate)

此試劑為較高折射率之單體，購於 TCI



(2) DAI (dially isophthalate)



此試劑同樣為較高折射率之單體，購於 TCI

(3) MMA (methyl methacrylate)

為較低折射率之單體，購於 TCI

(4) BPO (benzoyl peroxide)，作為 initiator，購自 ProChem

(5) Acetone 購自 Mallinckrodt

(6) Silicon oil 購自 六和公司

(C) 製備方法

在透鏡的製備過程上，我們將其分成兩階段來進行，分別為前階段 MMA 單體擴散之控制與後階段微透鏡之研製。

(一) MMA 單體擴散之控制

前階段實驗為進行 MMA 單體擴散於半固化之 DAP 或 DAI 基質中，而後進行後聚合成塑膠透鏡，並分析 MMA 之擴散情形。在 DAP 與 DAI 之前聚合階段，將利用紅外光光譜儀之量測來判斷 DAP 與 DAI 之聚合程度；在擴散單體後之全聚合產物，將利用原子力電子顯微鏡 (Atomic Force Microscopy) 來判斷 MMA 之擴散情形。其實驗流程如下：

- (1) 取含 1 % BPO 之 DAP 置於金屬圓盤中。
- (2) 分別在定溫為 70 度、80 度與 90 度之油浴中加熱進行預聚合。
- (3) 每隔一定時間收取一次樣品。
- (4) 將 MMA 加入得到的前聚合物。
- (5) 靜置 12 小時，進行擴散交換。
- (6) 置入 90 °C 之烘箱加熱 6 小時，進行後聚合，使材料完全固化。
- (7) 取出透鏡進行拋光打磨，取得光學平面。
- (8) 取透鏡切面觀察 MMA 擴散情形。

(二) 微透鏡之研製

經由前階段 MMA 擴散之控制，我們可得知 MMA 單體在不同條件下的擴散情形，而後將直徑為 3 mm 之圓罩密接於預聚合之 DAP 或 DAI 上，進行圓罩之外圍擴散。並由前階段的經驗控制實驗條件以期取得最佳的擴散結果。微透鏡之取得經由兩種方法嘗試，其製備方法分述如下：

製備方法(一)：

- (1)取直徑 40 mm，深度為 15 mm 之不銹鋼圓盤。
- (2)將 0.08 g BPO 溶於 2 g 之 DAP (或 DAI) 中，置於圓盤內。
- (3)圓盤置於 80 °C 之烘箱中加熱 7 小時(另取相同樣品在相同條件下加熱 8 至 12 小時)，進行不同加熱時間下的預聚合反應。
- (4)取厚 2 mm，直徑 30 mm 之圓型不銹鋼板，在不銹鋼板上鑽數個直徑為 3 mm 之圓形孔洞，將直徑為 3 mm 不銹鋼圓柱棒插入鋼板孔洞中，將此圓柱棒焊於鋼板上，使鋼板形成一邊為平面，另一邊為具有數根凸起約 5 mm 相互平行齊高的圓柱棒。
- (5)DAP (或 DAI) 預聚合後，將其移出圓盤。
- (6)將不銹鋼板置於圓盤底，鋼板平面接觸盤底。
- (7)將預聚合 PDAP (或 DAI) 塊置於鋼板上方，與圓柱棒密接。

(8)在預聚合 PDAP (或 DAI)塊上方再加一重物，增加 PDAP (DAI)

與圓柱棒之緊密度。

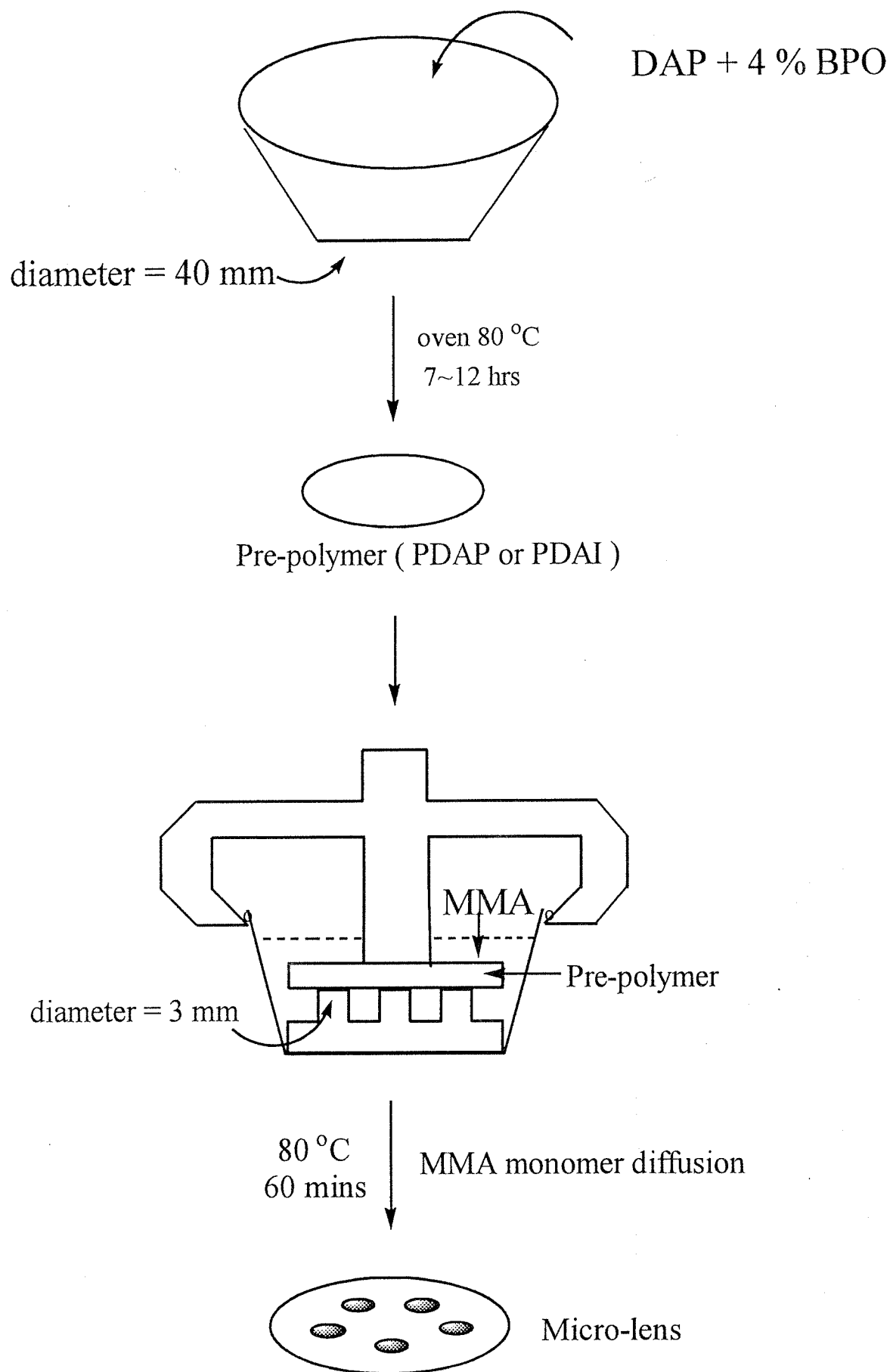
(9)將 MMA 置入此圓盤中。

(10)在 80 °C 下加熱 1 小時，進行擴散交換。

(11)擴散交換完成後，將其取出，以兩片玻璃夾緊，置入 90 °C

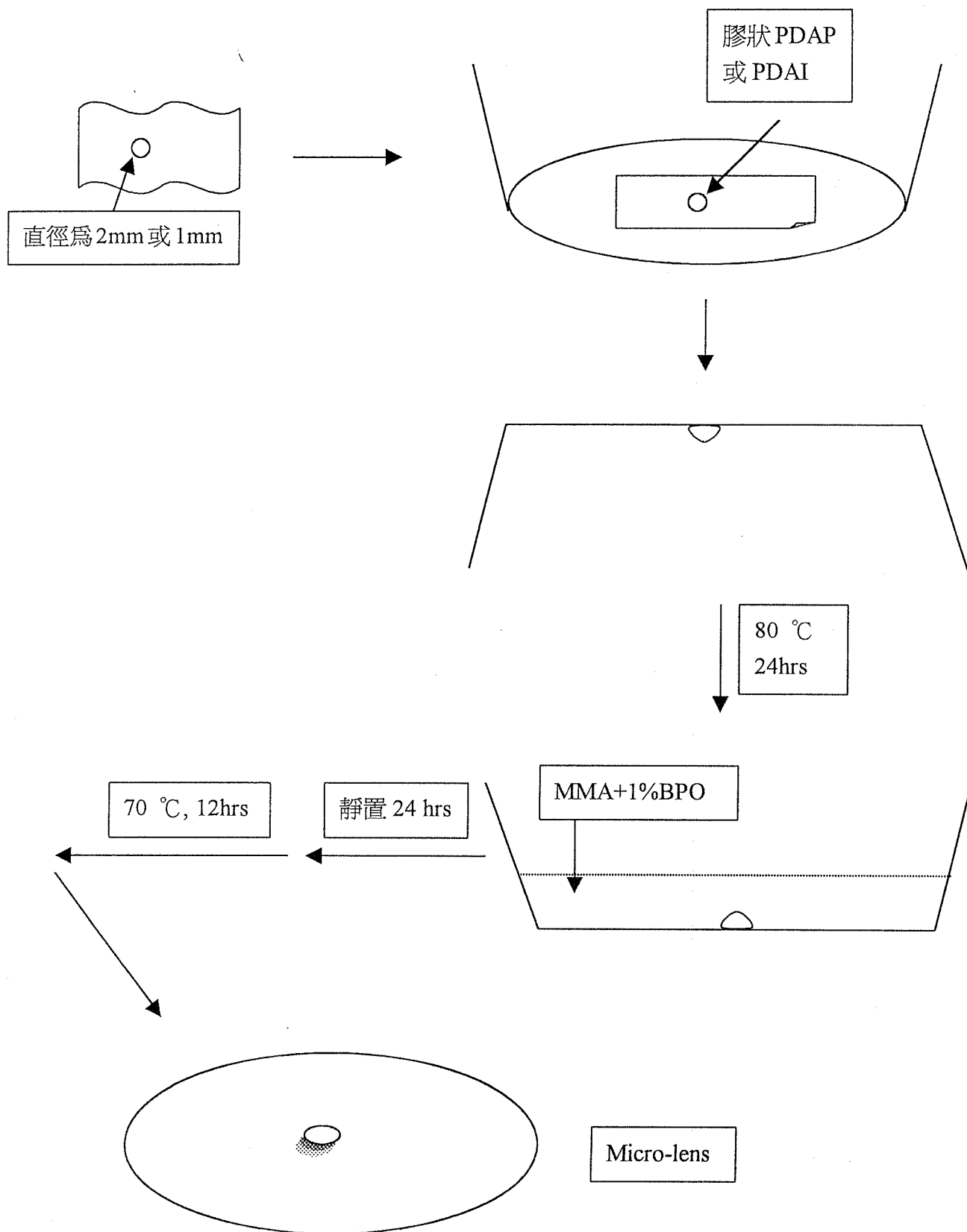
之烘箱中加熱 24 小時，進行後聚合反應，使材料完全固化。

(12)取出透鏡進行打磨，取得光學平面。



製備方法(二)：

- (1)取含 4% BPO 之 DAP 或 DAI，進行預聚合成膠狀。
- (2)將直徑為 2 mm 或 1 mm 之圓柱棒燒紅後，在膠帶上鑽一圓孔。
- (3)將具有圓孔洞之膠帶緊密貼於不銹鋼盤底。
- (4)以毛細管沾預聚合成膠狀的 PDAP 或 PDAI 滴於孔洞上，由於表面張力使將使其形成半圓凸狀。
- (5)將此圓盤倒置於 80°C 之烘箱中 24 小時，使其全聚合。
- (6)撕掉膠帶後，可得到半圓凸狀之全聚合 PDAP 或 PDAI 附於盤底。
- (7)取含 1% BPO 之 MMA，進行預聚合成膠狀。
- (8)將此膠狀 PMMA 倒入步驟(6)之圓盤中，靜置 24 小時。
- (9)在 70 °C 下加熱 12 小時，進行後聚合反應。
- (10)將其取出，以兩片玻璃片夾緊，置入 90°C 之烘箱中加熱 12 小時，使材料完全固化。
- (11)取出透鏡進行打磨，取得光學平面。



四、結果與討論

(一) MMA 單體擴散之控制

前階段實驗目的，為在光學塑膠中以單體互換的方法，製備平面透鏡。首先進行高折射率的 DAP 或 DAI 之前聚合作業，藉由控制不同的加熱溫度以及加熱時間，取得各種不同環境下的預聚合產物；而後進行低折射率的 MMA 之擴散步驟，最後進行後聚合而取得平面透鏡，經過切割及拋光打磨，得到透鏡切面之光學平面，進而利用原子力光學顯微鏡來觀察擴散情形。

DAP 之前聚合製備，由於將固定溫度來觀察不同加熱時間對聚合程度的影響，故對 DAP 與 DAI 加熱的定溫控制將十分重要。早期嘗試以水浴加熱，不過水蒸氣的產生將影響聚合反應的進行；而後改用其它方法，如：

方法一：利用玻璃板為底材，以矽膠黏附於玻璃板上圍成凹槽，將

DAP 與起始劑 BPO 均勻混合後，置於凹槽中，將玻璃板置

於加熱板上定溫加熱，每隔一定時間收集一次樣品。

結果：由於加熱板上各點的溫度並不均勻，故每個玻璃板在加熱板

上的加熱溫度亦不盡相同，這將影響定溫加熱的目的。另外

樣品溶液與矽膠間有毛細現象而使樣品進行完後聚合後，得

到一凹形透鏡，而非平面透鏡。

方法二：將 DAP 與起始劑 BPO 均勻混合後，置於金屬圓盤中，並以油浴定溫加熱，每隔一定時間收取一次樣品。

結果：由於金屬圓盤與油浴槽底部直接接觸，故加熱時，圓盤底部溫度明顯較高，以致樣品上下層聚合程度不均勻，造成取樣作分析時的困難。

方法三：為了改善加熱板各個位置的加熱溫度不均一，以及防止樣品上下層聚合程度不同的問題，則每次僅取一樣品固定於加熱板上的同一位置作油浴定溫加熱，以確保每個樣品之加熱溫度一致；並將圓盤懸浮於矽油中，不讓圓盤與油槽底部直接接觸，而在金屬圓盤及油槽頂部均加蓋上一片玻璃板，以期讓整個樣品處於一加熱均勻的環境中。依此方法做了不同時間以及不同溫度下的前聚合成品，而以紅外光光譜作分析，並加入 MMA，經擴散後置於烘箱中繼續後聚合，而得透鏡。

方法四：將 DAP 與 BPO 均勻混合於金屬圓盤中，置於烘箱作定溫加熱，每隔一定時間收取一次樣品。

結果：烘箱定溫效果不如預期，並於收取樣品須開啟烘箱門，其後烘箱所變動的溫度太大並不易回致原來的加熱溫度，這將失去定溫加熱環境之要求。

前聚合 DAP 產物之分析

DAP 經預聚合後，分別取得不同加熱時間以及不同加熱溫度下的半固化成品，為了判斷其聚合程度，我們利用紅外光光譜儀的分析來觀察 DAP 在聚合過程中 C=C 的變化情形，進而推斷 DAP 之聚合情形。由於未共軛 C=C 伸縮振動峰位於 $1667\sim 1640\text{ cm}^{-1}$ 左右，我們取得未聚合 DAP 之紅外光光譜圖(圖一)，發現此 C=C 伸縮振動峰位於約 1650 cm^{-1} 附近，為了証明此波峰的正確性以及聚合過程中此波峰是否有變化，我們取得兩光譜圖來驗證： 1. 由鄰苯二甲酸二乙酯之圖譜(圖二)中並未發現 1650 cm^{-1} 附近的波峰，而此化合物與 DAP 結構之不同僅在於 DAP 多了 C=C 雙鍵，由此推斷 DAP 圖譜中 1650 cm^{-1} 之波峰為 C=C 伸縮振動峰。 2. 由全聚合之 DAP 圖譜(圖三)中同樣未發現 1650 cm^{-1} 附近的波峰，而 DAP 前聚合反應的過程中均可發現此波峰，於是再做進一步的分析以證明了聚合過程中此波峰的消長。

隨著聚合程度不同而改變之波峰已選取為 C=C 伸縮振動峰，下一步則選取不受聚合影響之官能基，我們選取位於 1600 cm^{-1} 左右之不對稱 COO^- 陰離子伸縮振動峰；先對前聚合產物之此兩官能基波峰作積分，所得之積分值再與未聚合 DAP 之積分值做比較，由於 COO^- 於聚合前後波峰並無改變，藉此利用內插法即可求得在聚合過程中

C=C 波峰的變化，圖四至圖十二為不同加熱溫度及不同加熱時間下前聚合產物之紅外光光譜圖，表一並列出不同反應條件下之聚合情形，由此可推測聚合程度的多寡；結果發現定溫 70 度加熱 2、3 與 4 小時後 C=C 吸收峰減小為原來的 0.75、0.73 以及 0.67 倍；定溫 80 度加熱 1、1.5 與 2 小時後 C=C 吸收峰減小為原來的 0.80、0.73 以及 0.67 倍，定溫 90 度加熱 0.5、1 與 1.5 小時後 C=C 吸收峰減小為原來的 0.65、0.63 以及 0.59 倍，說明了 DAP 再不同條件下之前聚合情形，而哪種條件下才能使 MMA 單體得到最好的擴散結果，則須待 MMA 擴散及全聚合後方可觀察得之。

擴散樣品之分析

DAP 之前聚合產物加入 MMA 後，靜置一天使 MMA 單體擴散於 DAP 層中，而後置於 90 度之烘箱進行後聚合反應；當材料完全固化後，則取得透鏡成品。為了解 MMA 對 DAP 之擴散情形，我們切割透鏡取得切面，經拋光打磨後，利用原子力光學顯微鏡對此切面作觀察。圖十三及圖十四為溫度 80 °C 油浴加熱兩小時所得之前聚合物經 MMA 擴散得到透鏡之切面圖。圖左側為 DAP 層，圖右側為 MMA 層，中間顏色較淺約有 3 μ m 之擴散層，而中間包括擴散層及 MMA 層有明顯凸起可能因層與層間材質不同而造成打磨後產生不平整現象。其它條件下所得之透鏡切面亦做了量測，不過結果多不易發現擴

散層，可能拋光打磨不均勻造成量測上的困難，若在切面打磨及量測技術上多做改進，便能觀察不同聚合條件下的擴散情形。

(二) 微透鏡之研製

前階段取得之樣品為 MMA 全擴散於預聚合 DAP(或 DAI)基質中。後階段將在 DAP 層上加直徑約為 3 mm 圓罩以進行 MMA 圓罩外圍之擴散，以得具分散折射率之微透鏡。實驗過程中，如何將圓罩密接於預聚合 DAP 與 DAI 上，避免 MMA 單體擴散於圓罩內，將是之後取得透鏡之聚焦或成像好壞的最重要控制因素。為了取得較佳透鏡效果的樣品，我們嘗試些方法以改善透鏡品質，結果分別討論于下：

透鏡製備初期利用圓柱棒固定於壓克力板上，為了讓 MMA 擴散於半聚合 DAP 時能得到近拋物狀的折射率分佈，故圓柱棒與 PDAP 之密合度將是影響透鏡聚焦及成像的主要因素，除了圓柱棒底須磨得光滑，相互平行齊高，希望下壓的重物能平均地分佈於每一根圓柱棒。

不過實驗證明了此方法仍有許多缺點，如圓柱棒支撐的重量並不如預期平均，重物過重亦容易將預聚合 PDAP 壓出明顯凹痕，尤其圓柱棒的直徑若更小時，此問題愈嚴重。另一方面，壓克力固定圓柱棒的效果並非絕對，只要稍有鬆弛，都將嚴重影響 MMA 之擴散情形。

為了改善前部分問題，將圓柱棒焊於鋼板上將是最為有效的方法，而各圓柱棒再打磨時亦務必盡量與鋼板平行，以期使圓柱棒與預聚合後之 PDAP 能緊密接合。

DAP 於起始劑含 4%，烘箱溫度為 80 °C 之條件下進行預聚合時，在前 6 個小時所得到的產物在進行 MMA 之擴散時會被溶解，故樣品前聚合時間之取樣由 7 小時至 12 小時。

預聚合後之 PDAP 在進行 MMA 擴散時夾於圓柱棒與一具平面之金屬重物間，由於底為圓柱棒，擴散時加熱易使預聚合後之 PDAP 塊產生變形，是故在後聚合過程中，須利用兩玻璃片將此材料夾緊再置入烘箱，而後得到的透鏡表面才較為平整。

而後方法改變加熱環境為加熱板，同時在加熱板上方以及圓盤上方均加上一玻璃罩子，以期讓整個加熱環境各點溫度能更為接近。

由實驗結果可發現利用加熱板來達到預聚合的效果遠比利用烘箱加熱所需時間明顯來的少。預聚合後之 PDAP 會有聚合不均勻的狀況，雖然在烘箱中預聚合也會有底層聚合較完全，上層聚合程度較少的情形發生，但利用加熱板所得到的類似情形較為嚴重，不過由於 MMA 之擴散僅需利用一邊，所以如能控制加熱條件使 PDAP 之上層能進行 MMA 之擴散，此問題仍可解決。

另外，為了讓預聚合後的 PDAP 在進行 MMA 之擴散過程中能減少 PDAP 之變形，故讓 PDAP 置於圓盤底，上方以圓柱棒下壓，擴散後結果發現變形的狀況明顯減少，不過在置入烘箱進行後聚合時，仍須以玻璃片將其夾緊，以防止後聚合過程材料的形變，而得到較平整之透鏡。

之後取用 DAP 之異構物 DAI 來進行製備。其製備條件均與 DAP 相同，唯一不同之處在進行 MMA 擴散反應時，在圓柱棒上方所壓的金屬重物改為一 3-Arm Gear Puller，由於之前 PDAP 進行 MMA 之擴散時，由於預聚合後之 PDAP 與圓柱棒間之摩擦力並不佳，故在加上重物下壓時，如底層 PDAP 之擺置不夠水平，在擴散的過程中，圓柱棒會稍微移動，此將影響其擴散結果，故利用此固定推壓器能固定 PDAI 上方之圓柱棒，避免在擴散過程中的移動，並能使 PDAI 與圓柱棒得到更密合的效果。

另一製備微透鏡的方法則利用 DAP 或 DAI 溶液之表面張力形成一半圓凸狀之全聚合 PDAP 或 PDAI，其後再進行 MMA 之聚合，使半圓凸狀 PDAP 或 PDAI 附於 PMMA 上，完成所需透鏡。而透鏡之聚焦及成像情形將取決於形成全聚合 PDAP 或 PDAI 之直徑大小，以及控制 DAP 或 DAI 之預聚合造成表面張力的不同，使得進行全聚合後其半圓凸的程度不同。

首先在底盤貼一具孔洞的膠帶目的是防止在滴上液狀 DAP 或 DAI 時的向外擴散，由於加熱時金屬盤會膨脹將接觸底盤之 DAP 或 DAI 面積拉大，並減少外凸的情形，故需利用膠帶將欲形成全聚合 PDAP 或 PDAI 之大小固定住，此時膠帶之選用將影響其後 PDAP 或 PDAI 形成半圓凸狀的結果，故膠帶須緊密貼於圓盤底部以防止 DAP 或 DAI 滲於盤底與膠帶間；而以燒紅的圓柱棒穿透膠帶時易使孔洞變大，故可先在一鋁板上鑽一所需孔洞大小，再將膠帶貼於孔洞上方，再以圓柱棒燒紅來鑽孔，如此可避免鑽孔時，孔洞的變大；另外，膠帶在鑽孔時若僅從單一方向外鑽，將易造成膠帶之另一面孔洞周圍黏有碎絲狀膠帶，故須將燒紅的圓柱棒在膠帶兩面來回鑽孔，使膠帶貼於盤底後圓孔形狀較為完整。

滴上 DAP 或 DAI 於孔洞中後，將其倒置於烘箱中，可減少 DAP 或 DAI 之外擴情形，由於重力使圓凸情形更為明顯。

在 DAP 或 DAI 完成全聚合後，倒入膠狀之 MMA 再進行聚合，形成透鏡，由於 MMA 之聚合條件較難控制，加熱過高易使聚合過程中產生氣泡，加熱溫度過低 MMA 又易揮發而影響 MMA 形成全聚合時厚度；故將 MMA 先形成膠狀再置入圓盤中，一方面亦可避免 MMA 將 PDAP 或 PDAI 溶解。

膠狀 MMA 倒入圓盤後，其外圍會先形成薄膜，而裏面仍為

膠狀，此時不宜立即加熱進行 MMA 之聚合，因為膠狀 MMA 在此密閉膜內易因加熱產生氣泡，故須先靜置 24 小時使 MMA 整體聚合較完全，再加低溫進行後聚合，待 MMA 聚合成一定硬度時，將其移下以兩玻璃片夾緊再完成最後聚合，可確保透鏡表面之平整。

由此方法取得之透鏡樣品進行光學量測，圖十七為利用平行單色光通過平面微透鏡後，在焦點後方之光強度分佈。由圖可發現在焦點後方看到的影像，雖可看到光點，不過光束不圓，亦不夠集中。圖十八為利用光柵干涉儀所量測平面微透鏡之干涉圖，圖中雖均可發現干涉條紋，不過干涉條紋不夠完整，雜訊頗大。

圖十九為平面微透鏡之測試照片，圖中尺標刻度” 7 “上方具有一直徑 1 mm 之微透鏡，經由此微透鏡可觀察得其後方字體” a “的放大情形，推測此樣品具透鏡性質，不過影像較模糊，可能樣品聚焦的效果仍不夠好。

由上述結果發現 DAP 與 DAI 在聚合成半圓凸狀的情形並不如預期，可能在 DAP 與 DAI 預聚合成膠狀條件的控制，以及 DAP 與 DAI 聚合形狀尚須再作修正，以期能得到更好的結果。

五、参考文献

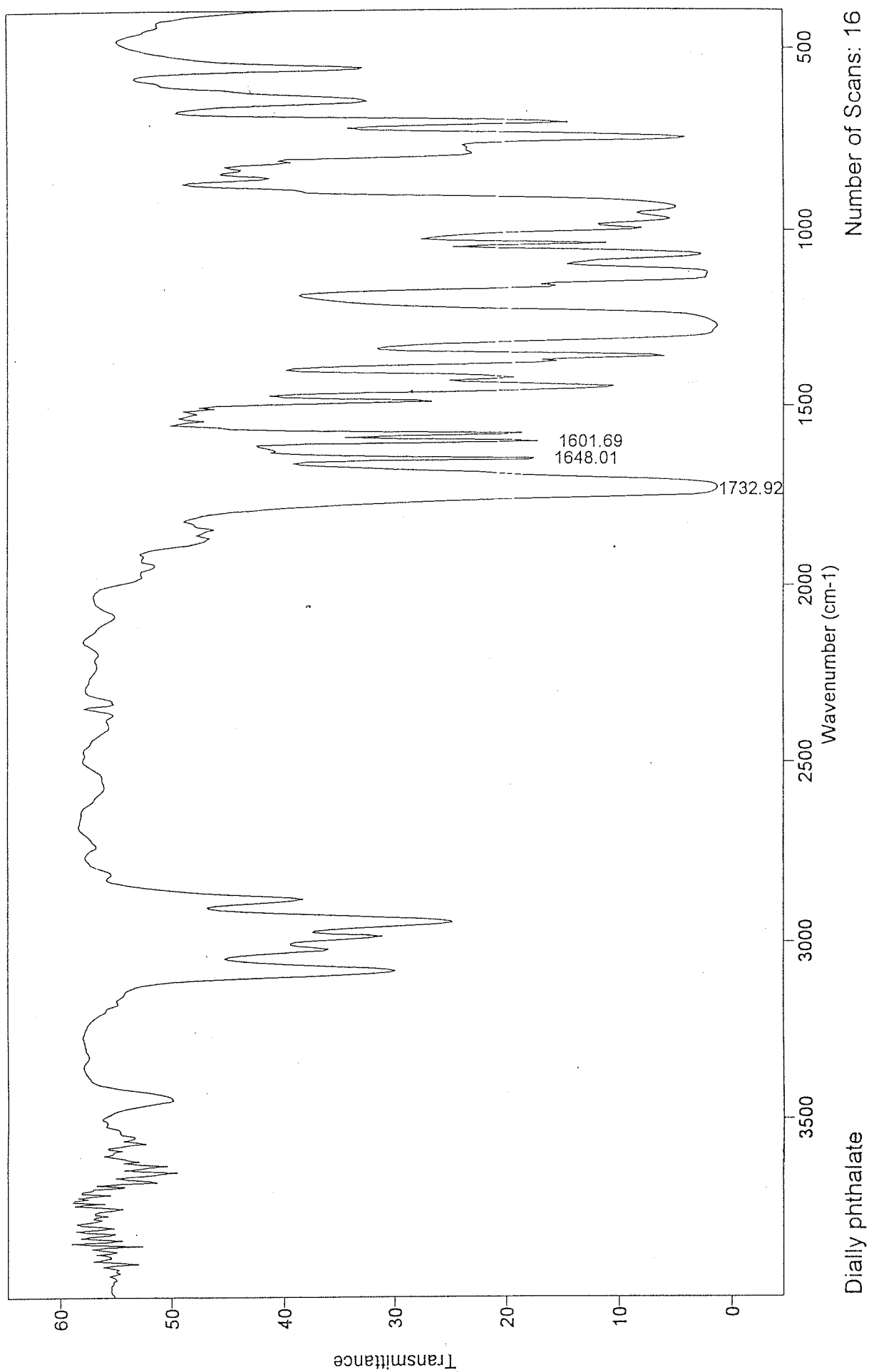
- (1) K. Iga, M. Oikawa, S. Misawa, J. Banno and Y. Kokubun, "Stacked planar optics: an application of the planar microlens," *Appl. Opt.*, 21, 3456-3460(1982).
- (2) Y. Kobubun, T. Baba, and K. Iga, "Silicon optical printed circuit board for three-dimensional integrated optics," *Electron Lett.*, 21, 508-509(1985).
- (3) M. Kawachi, Y. Yamada, M. Yasu and M. Kobayashi, "Guided wave optical wave length-division multiplexer/ demultiplexer using high-silica channel wave guides," *Electron Lett.*, 21, 314-316(1985).
- (4) H. Yanagawa, T. Ochiai, H. Hayakawa and H. Miyazawa, "Filter embedded design and its applications to passive components," *IEEE. J. Lightwave Technol.*, 7, 1646-1453(1989).
- (5) K. Iga, "Theory of gradient-index imaging," *Appl. Opt.*, 19, 1039-1043(1980).
- (6) K. Kobayashi and M. Seki, "Microoptic grating multiplexers and optical isorators for fiber-optic communications," *IEEE. J. Quantum Electron*, QE-16, 215-225(1980).
- (7) L. G. Cohen and M. V. Schneider, "Microlens for coupling junction lasers to optical fibers," *Appl. Opt.*, 13, 89-94(1974).
- (8) P. D. Bear, "Microlenses for coupling single-mode fibers to single-mode thin-film waveguides," *Appl. Opt.*, 19, 2906-2909(1980).
- (9) M. Oikawa, K. Iga and T. Sanada, "A distributed-index planar microlens made of plasties," *Jap. J. Appl. Phys.*, 20, L51-L54(1981).
- (10) M. Oikawa, K. Iga, T. Sanada, N. Yamamoto and K. Nishizawa, "Array of distributed-index planar microlens prepared form ion-exchange Technique," *Jap. J. Appl. Phys.*, 20, L296-L298(1981).
- (11) N. F. Borrelli, D. L. Morse, R. H. Bellman and W. L. Morgan, "Photolytic technique for producing microlens in photosensitive

- glass,” *Appl. Opt.*, 24, 2520-2525(1985).
- (12)D. Itani, T. Baba, K. Iga, “Planar microlens relay optics utilizing lateral focusing,” *Appl. Opt.*, 31, 5255(1992).
- (13)D. Itani, T. Baba, K. Iga, “Simple optical wavelength-division multiplexer component that uses the lateral focusing scheme of a planar microlens,” *Appl. Opt.*, 33, 3405(1994).
- (14)A. Akiba and K. Iga, “Image Multiplexer using planar microlens array,” *Appl. Opt.*, 29, 4092(1990).
- (15)K. Murashige, A. Akiba and T. Baba, “Parallel Optical Walsh Expansion in a Pattern Recognition Preprocessor using planar microlens array,” *Jap. J. Appl. Phys.*, 31, 1666(1992).
- (16)J. Shimada, Y. Chen and A. W. Snyder, “Microlens fabricated by the planar process,” *J. Lightwave Techno.*, 9, 571(1991).

* 未聚合前 C=C 伸縮振動峰(1648.01 cm^{-1})之積分面積為 281.616 ; 未聚合前 COO⁻伸縮振動峰(1601.69 cm^{-1})之積分面積為 667.082

加熱溫度 (°C)	加熱時間 (hr)	前聚合後 C=C 伸縮振動峰 (1648.01 cm^{-1})之積分面積	前聚合後 COO ⁻ 伸縮振動峰 (1601.69 cm^{-1})之積分面積	前聚合後 C=C 伸縮振動峰相對於未聚合 DAP 波峰之變化 情形
70 度	2	167.767	526.592	變為未聚合前之 75.47 %
	3	161.874	525.976	變為未聚合前之 72.90 %
	4	157.58	556.84	變為未聚合前之 67.03 %
80 度	1	229.075	675.664	變為未聚合前之 80.31 %
	1.5	74.8176	243.853	變為未聚合前之 72.68 %
	2	127.174	450.3	變為未聚合前之 66.90 %
90 度	0.5	105.348	381.847	變為未聚合前之 65.35 %
	1	43.1749	161.619	變為未聚合前之 63.28 %
	1.5	30.678	122.419	變為未聚合前之 59.36 %

表一 DAP 在不同加熱溫度與時間下所產生之前聚合情形

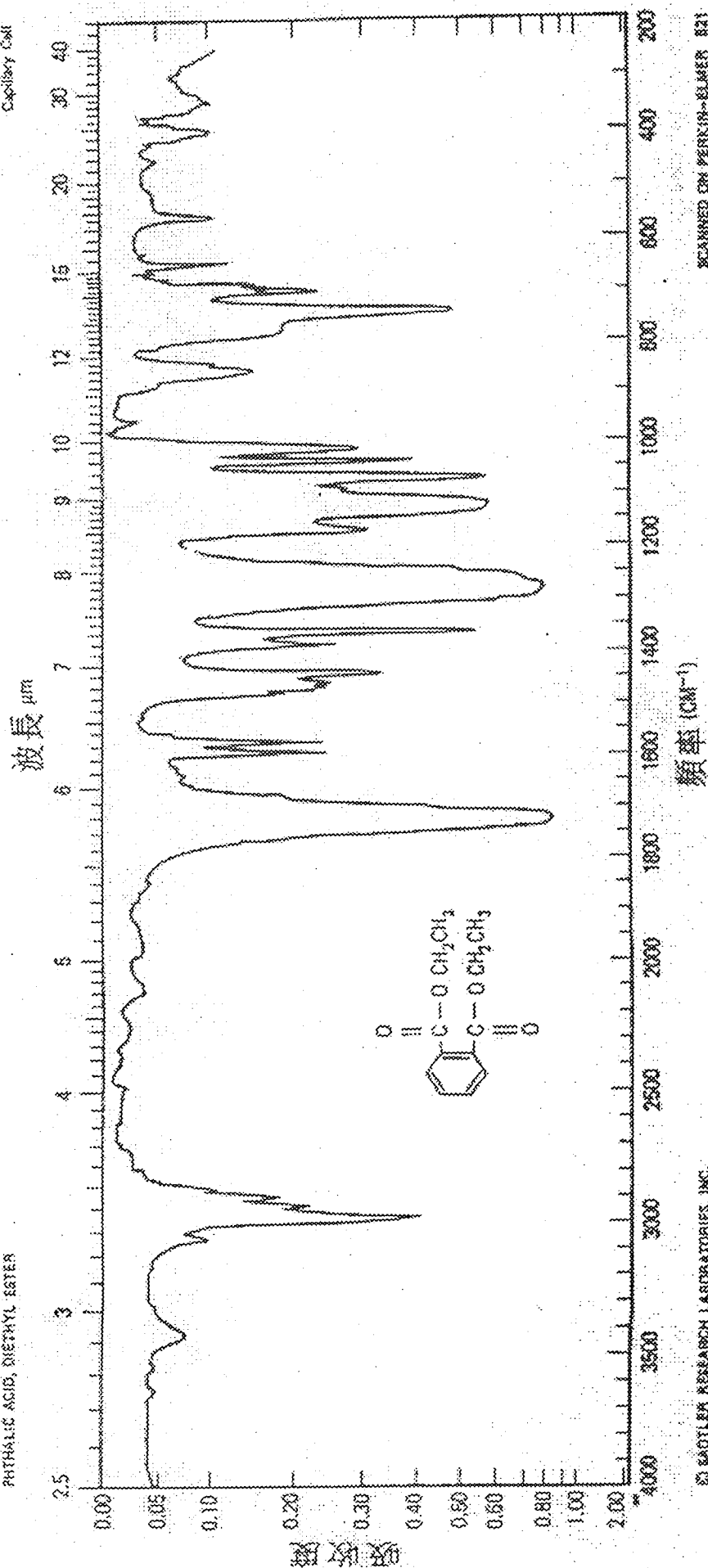


Res=8cm-1

圖一 未聚合DAP之紅外光光譜圖

鄰苯二甲酸、二乙酯
PHTHALIC ACID, DIETHYL ESTER

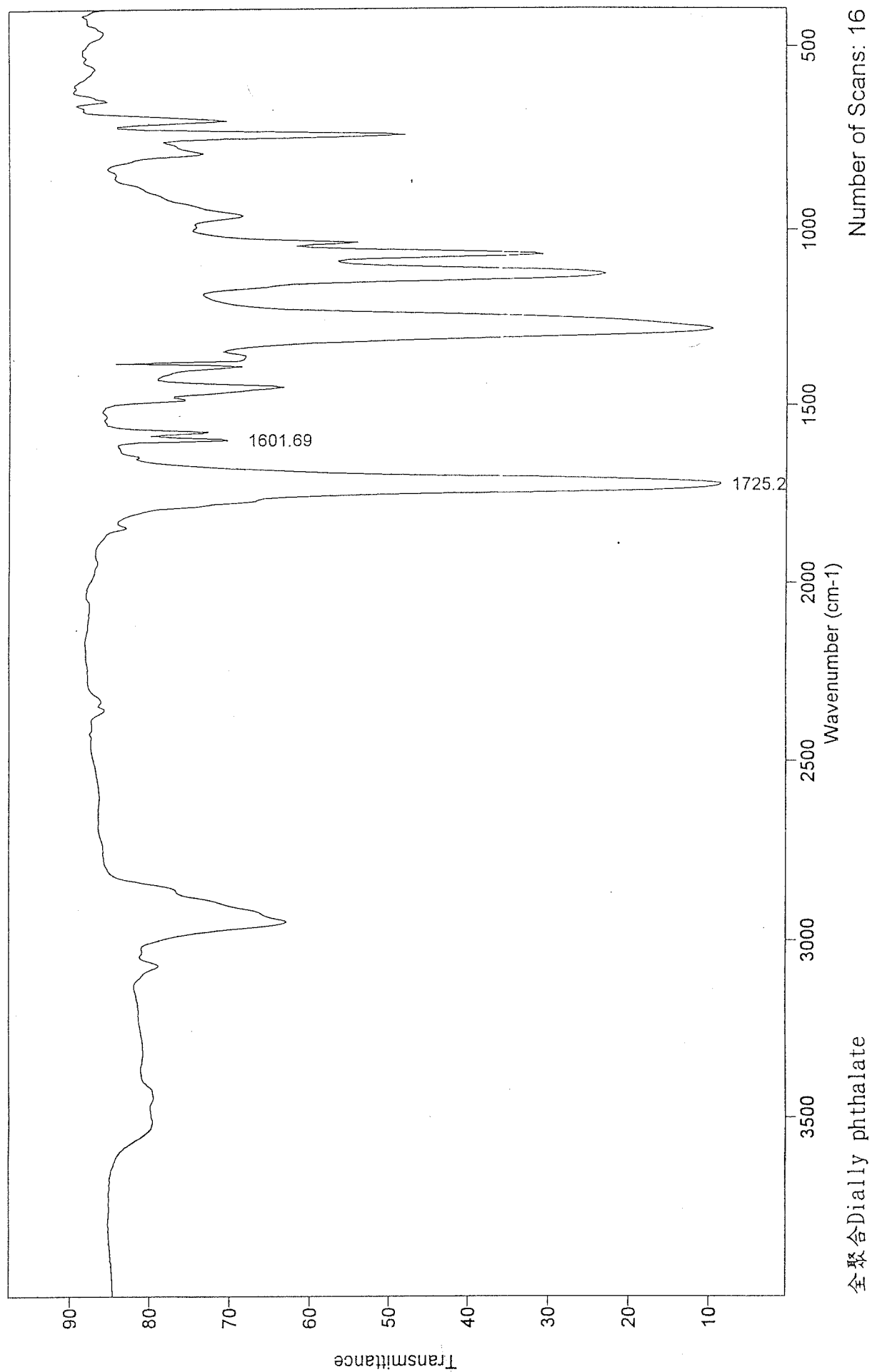
$C_{12}H_{14}O_4$ Mol. Wt. 222.24 A.S. 258-259°C/750mm (lit.)
Capillary Cell



© Sadtler Research Laboratories, Inc.
1968 PHILADELPHIA, PA., 19104 U.S.A.

SCANNED ON PERKIN-ELMER 521

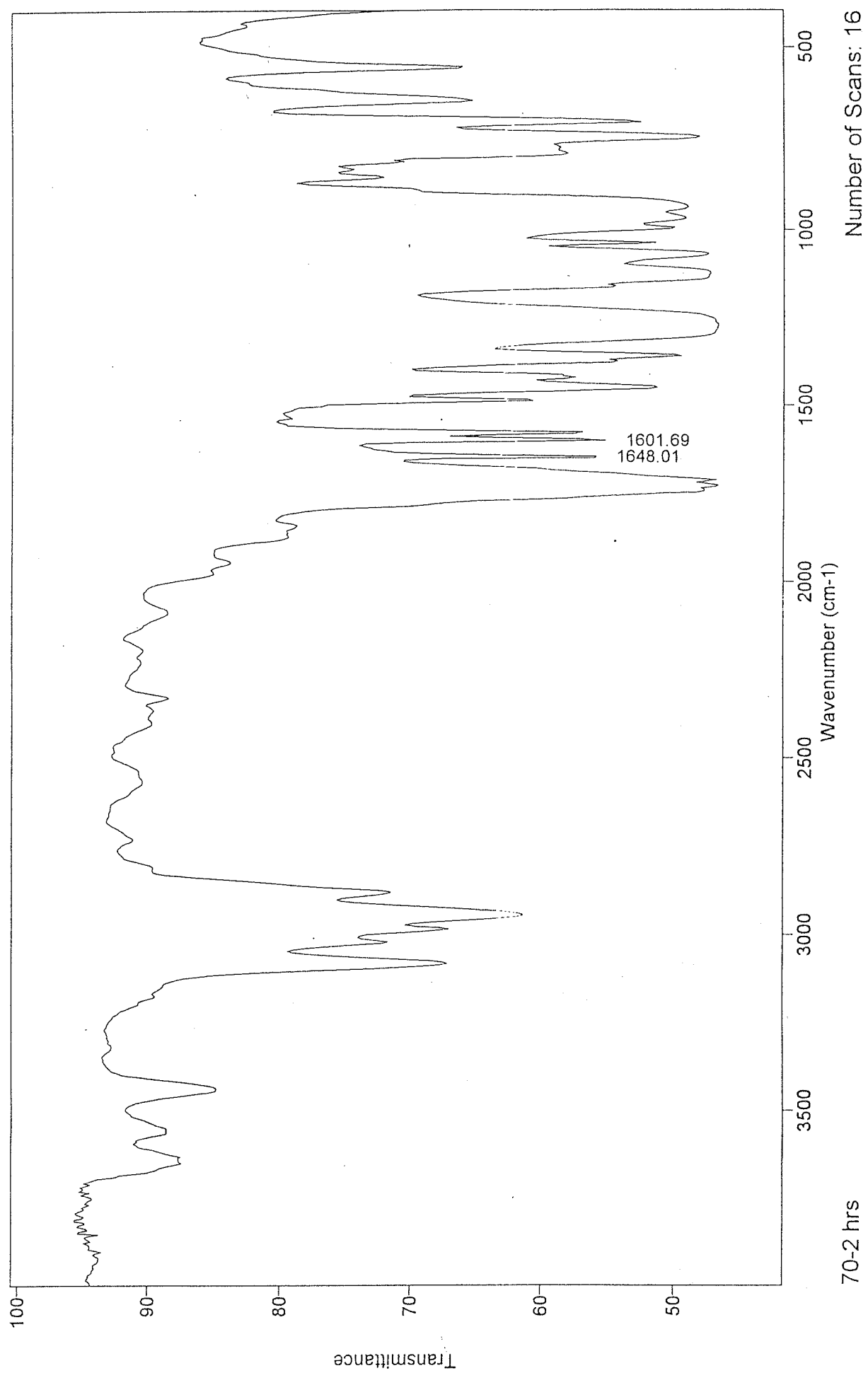
圖二 鄰苯二甲酸乙酯之紅外光光譜圖



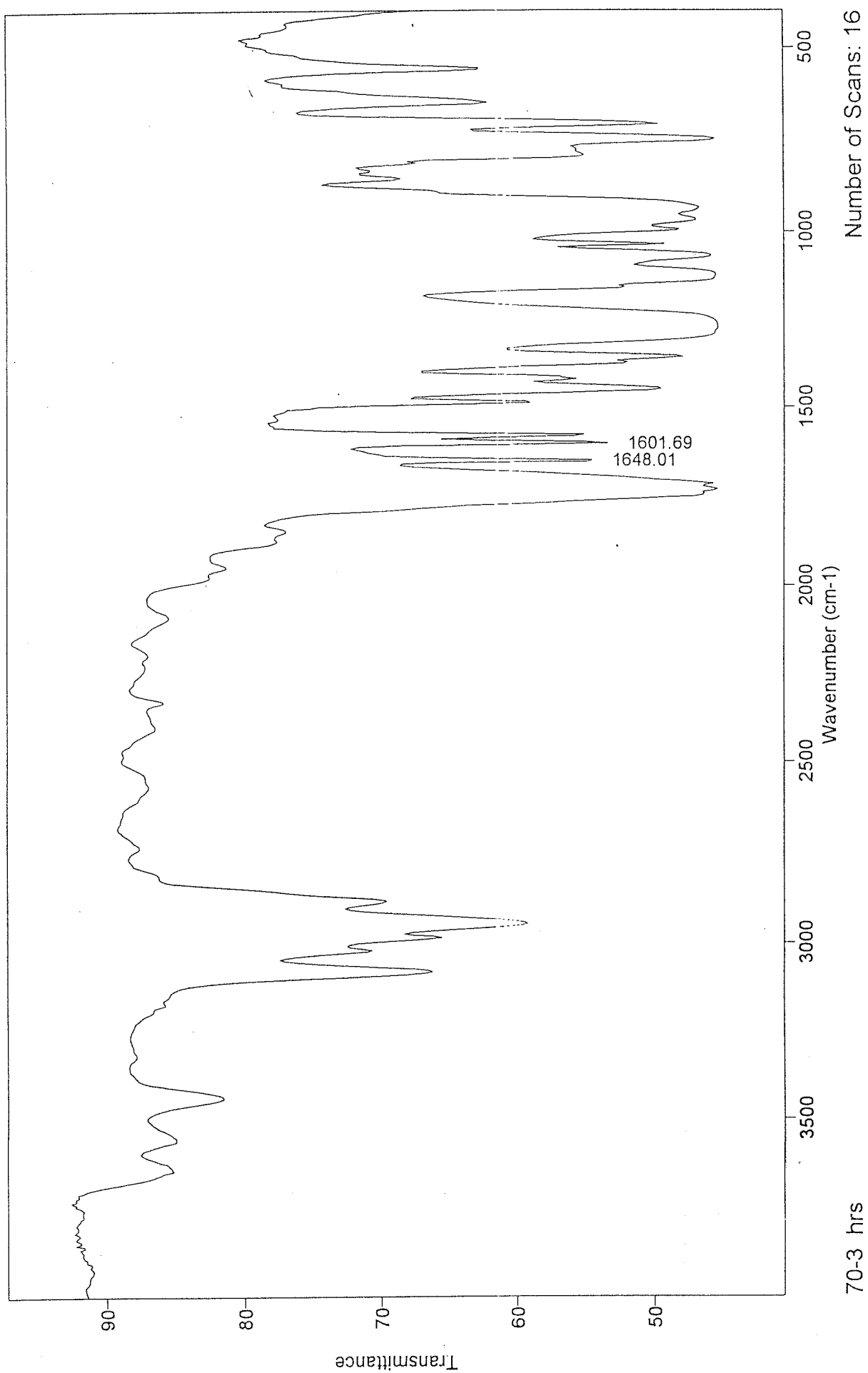
Res=8cm-1

全聚合Diallyl phthalate

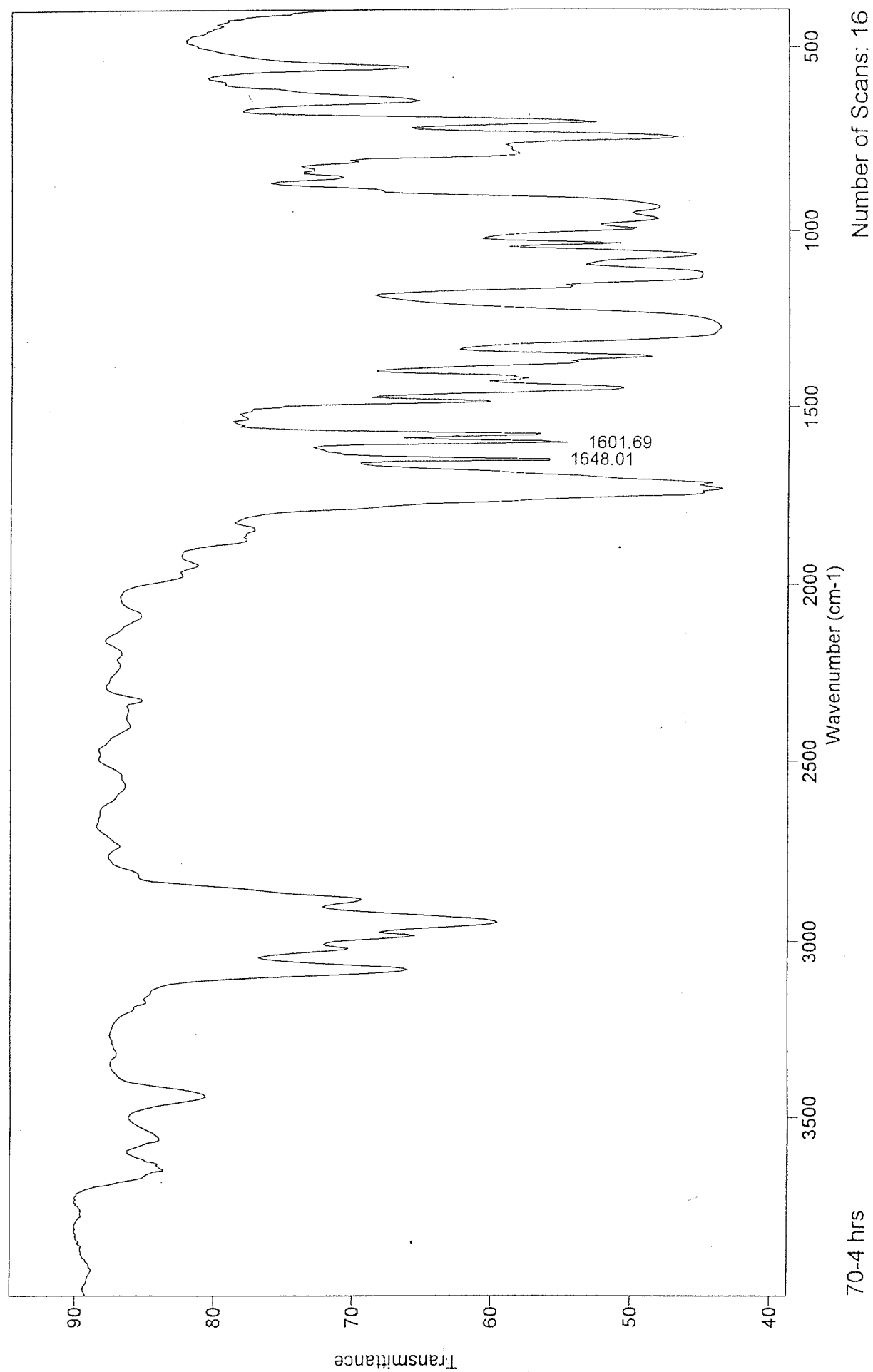
圖三 全聚合DAP之紅外光光譜圖



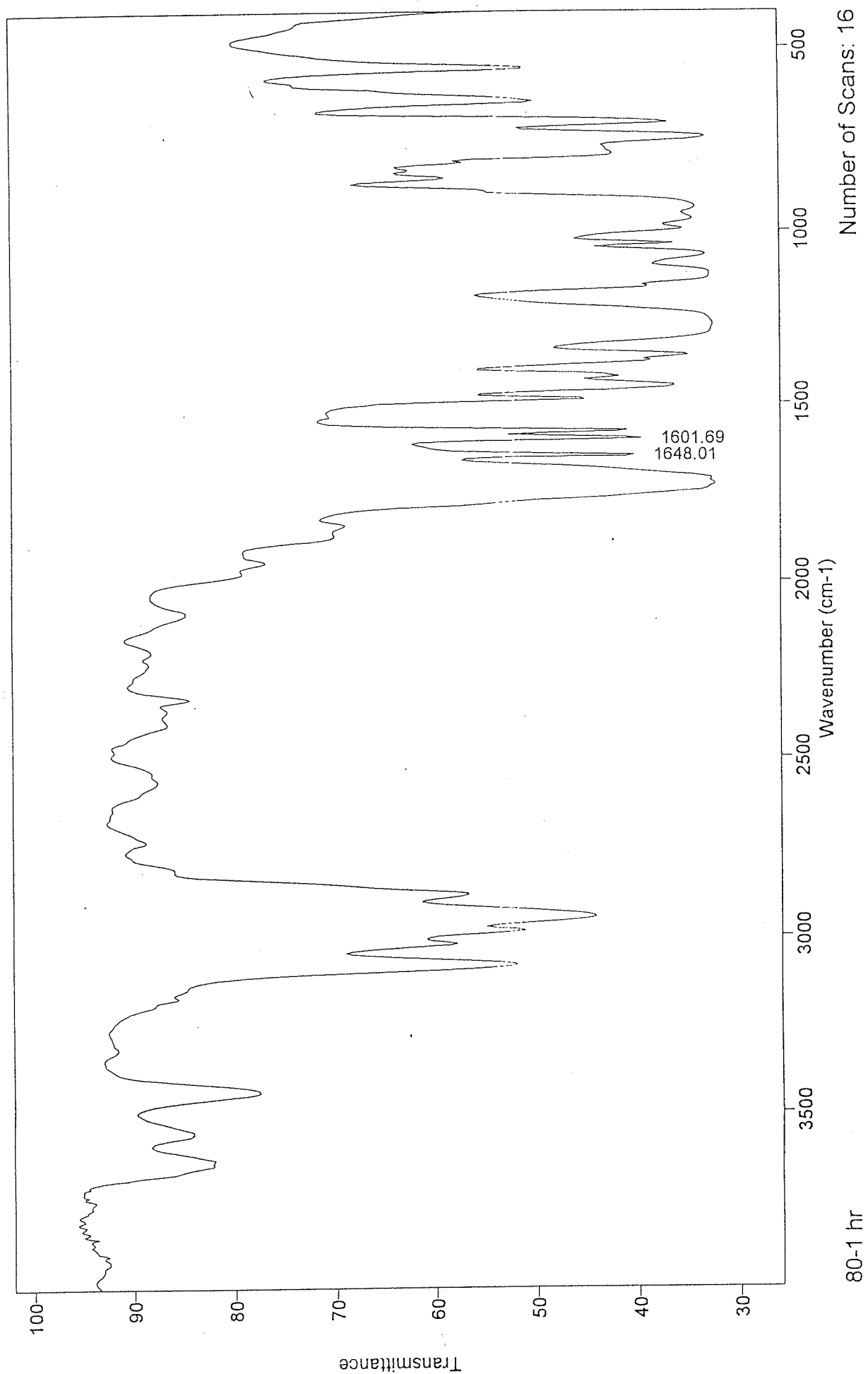
圖四 DAP於定溫70度下加熱2小時之前聚合產物紅外光光譜圖



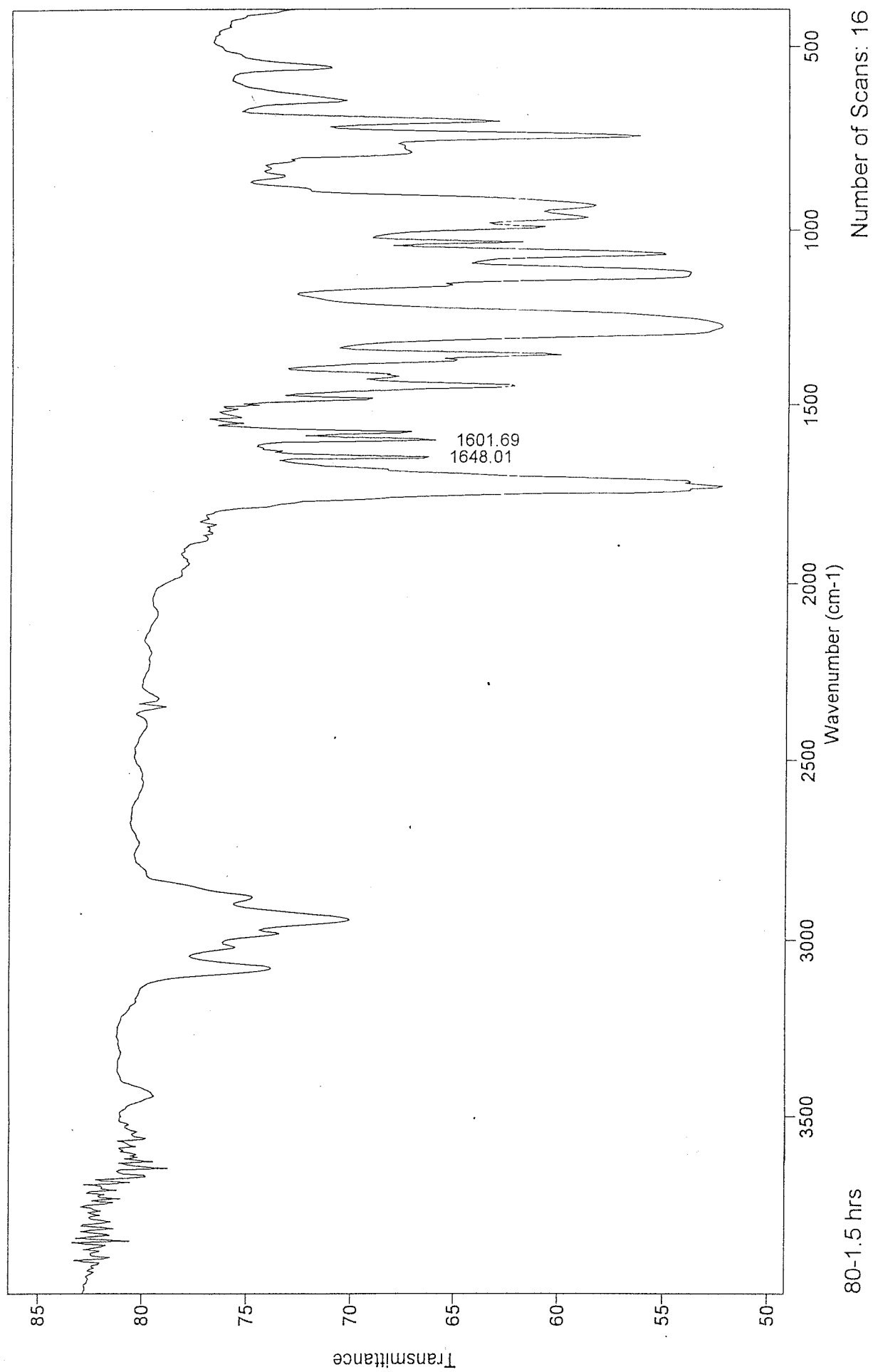
圖五 DAP於定溫70度下加熱3小時之前聚合產物紅外光光譜圖



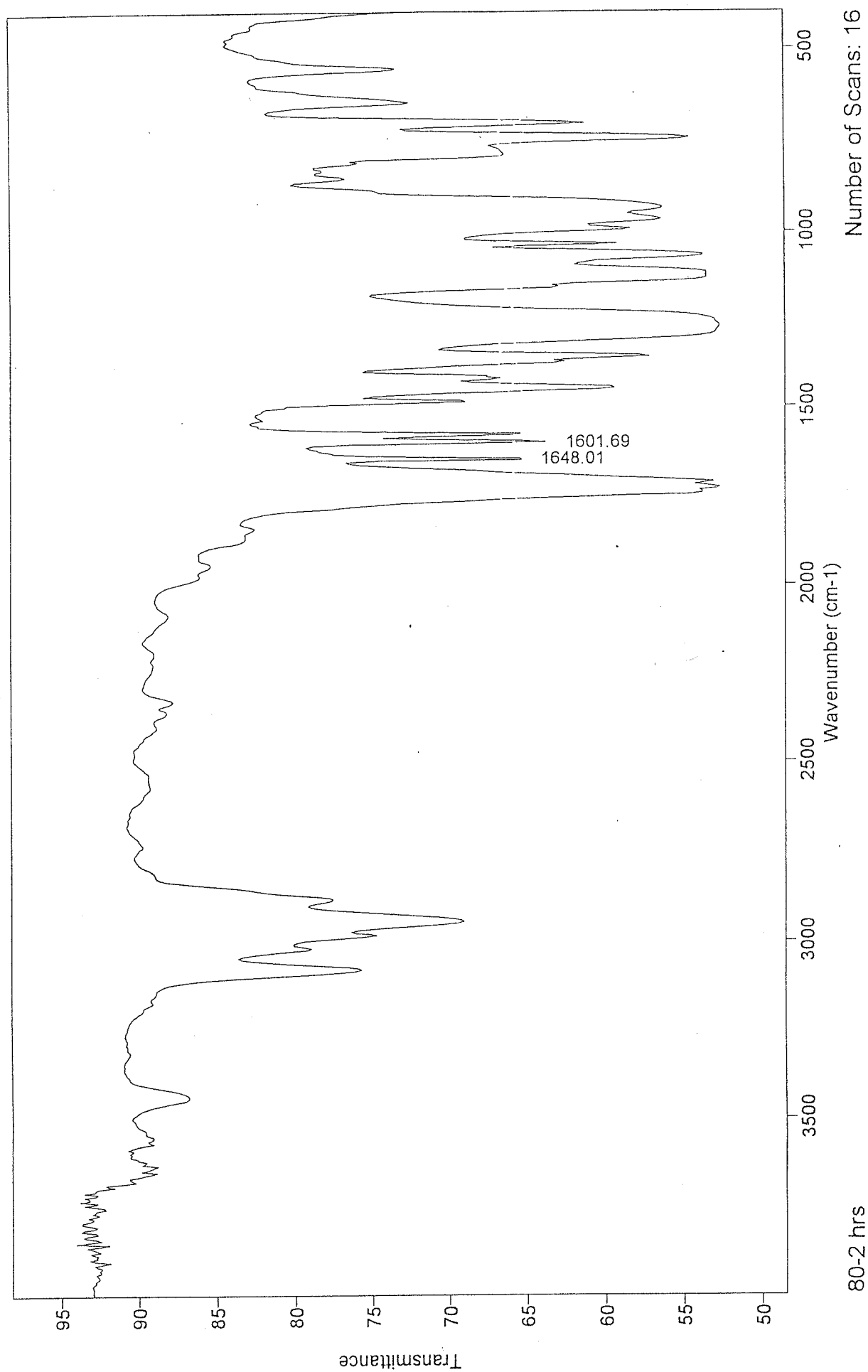
圖六 DAP於定溫70度下加熱4小時之前聚合產物紅外光光譜圖



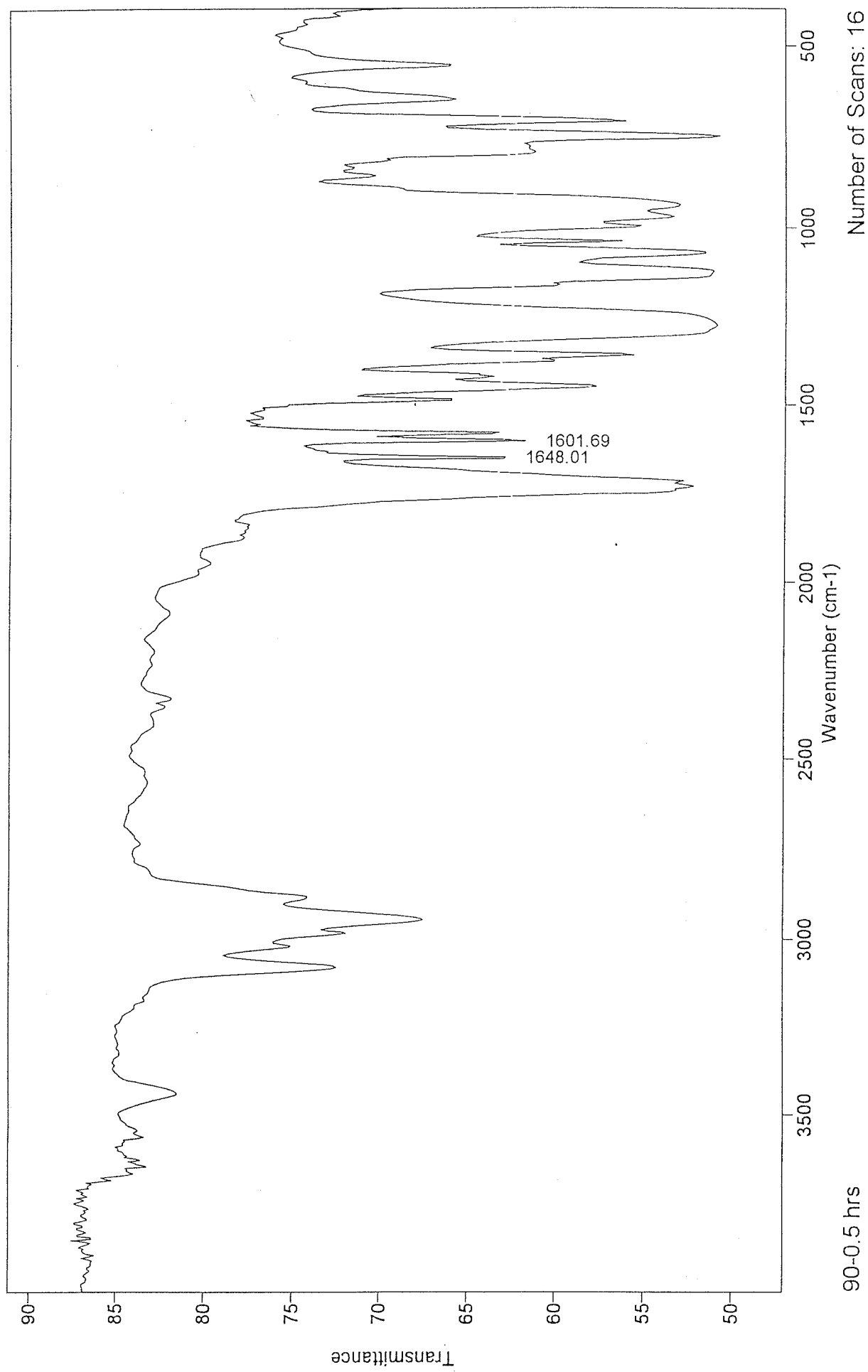
圖七 DAP於定溫80度下加熱1小時之前聚合產物紅外光光譜圖



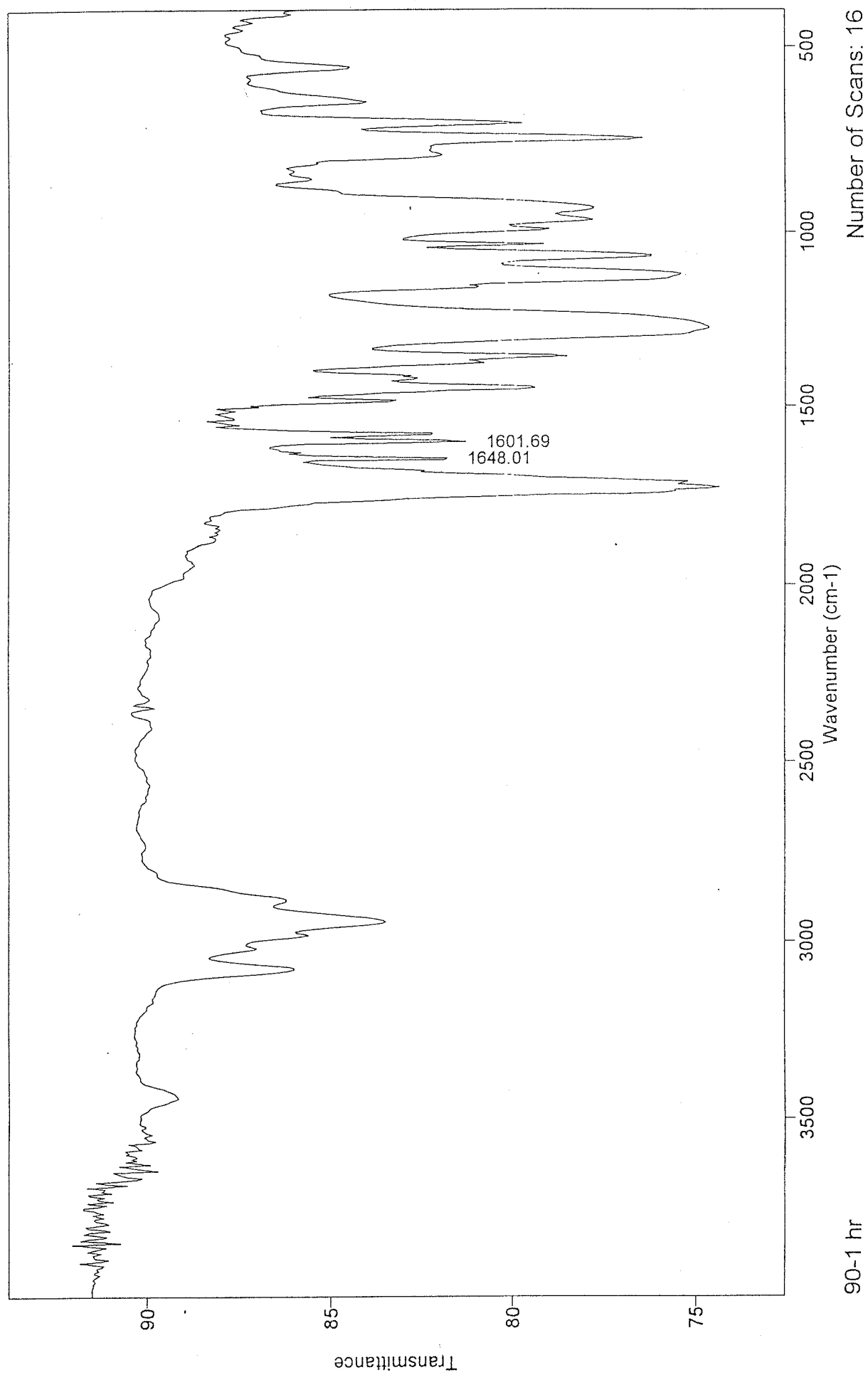
圖八 DAP於定溫80度下加熱1.5小時之前聚合產物紅外光光譜圖



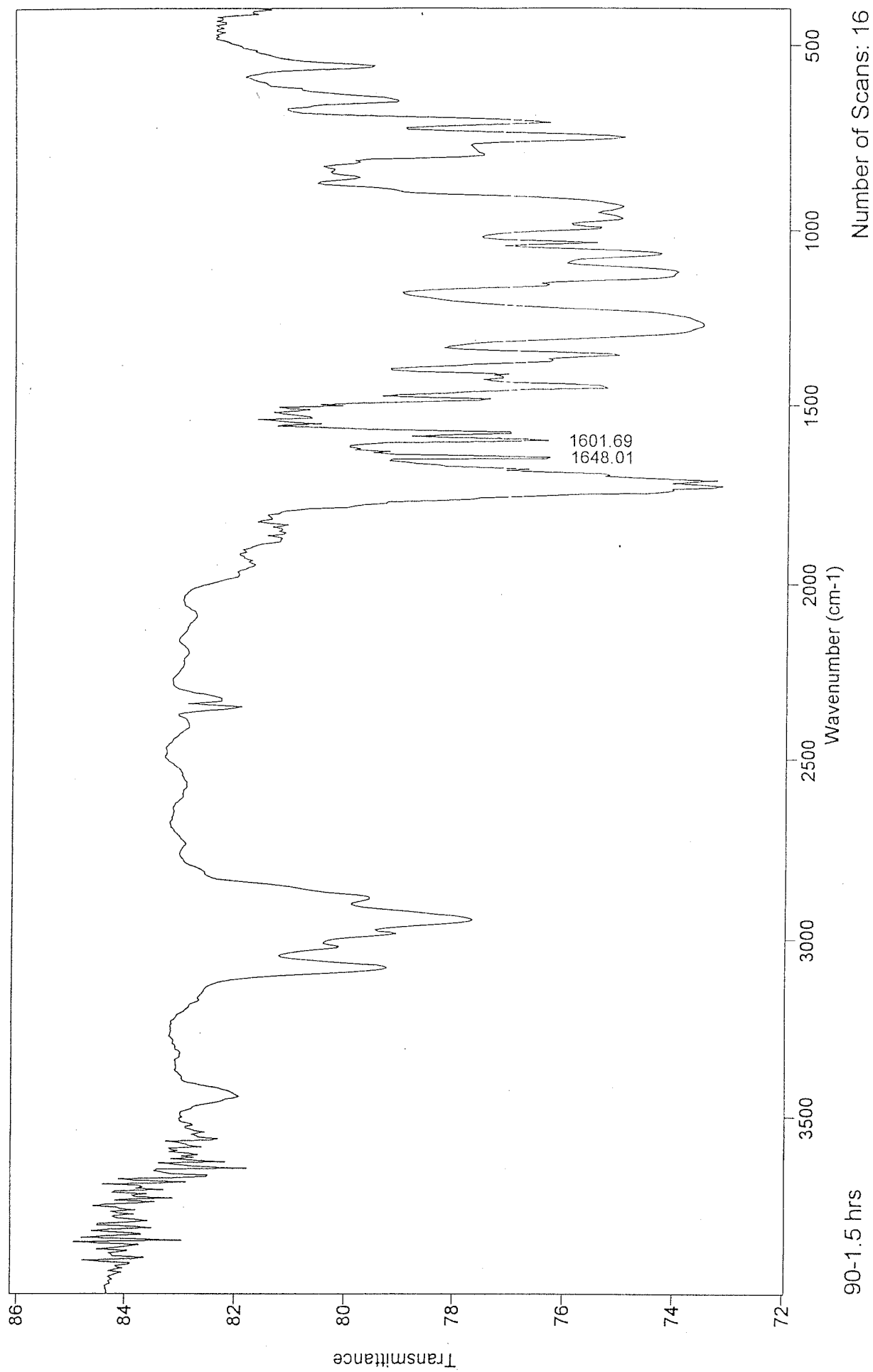
圖九 DAP於定溫80度下加熱2小時之前聚合產物紅外光光譜圖



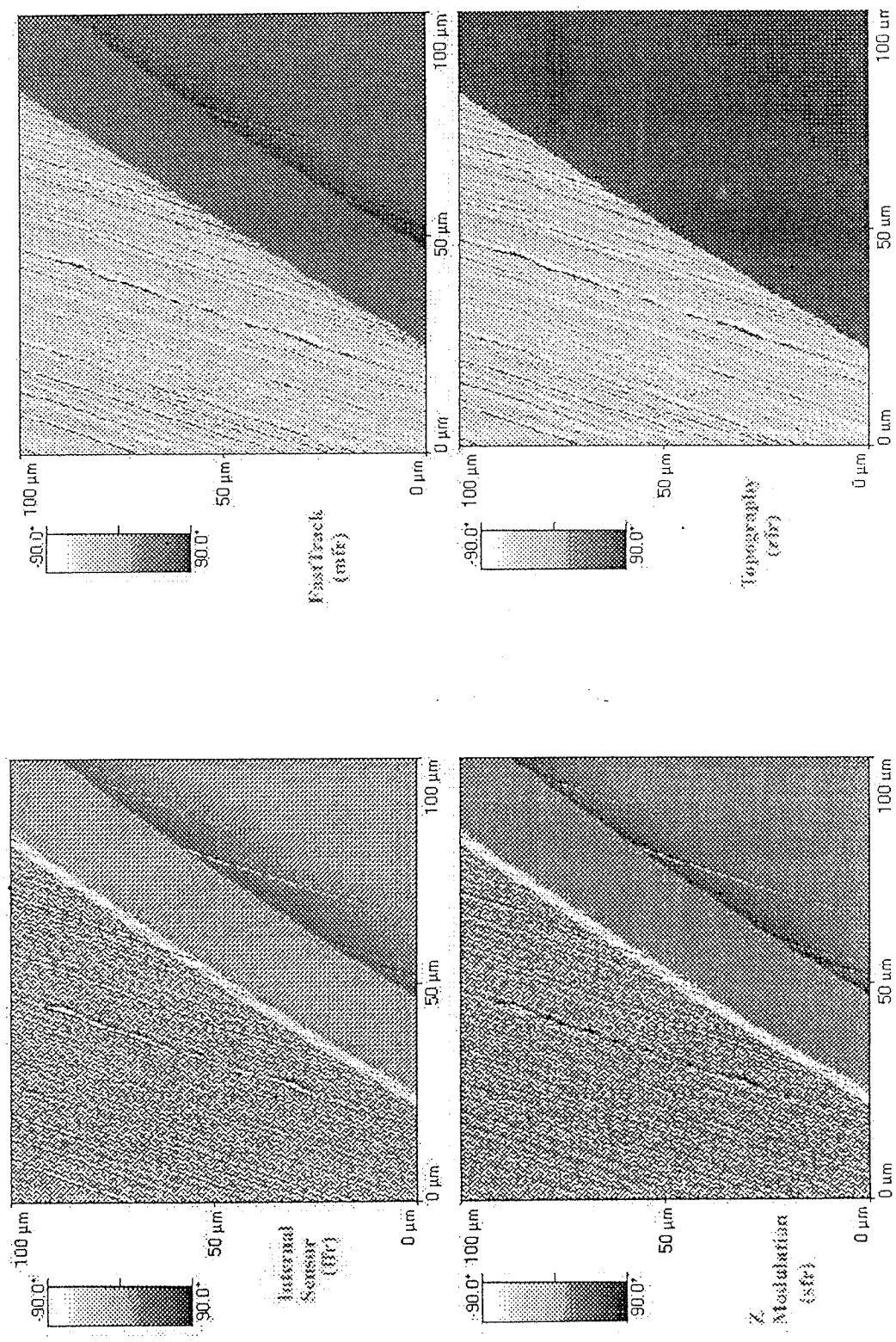
圖十 DAP於定溫90度下加熱0.5小時之前聚合產物紅外光光譜圖



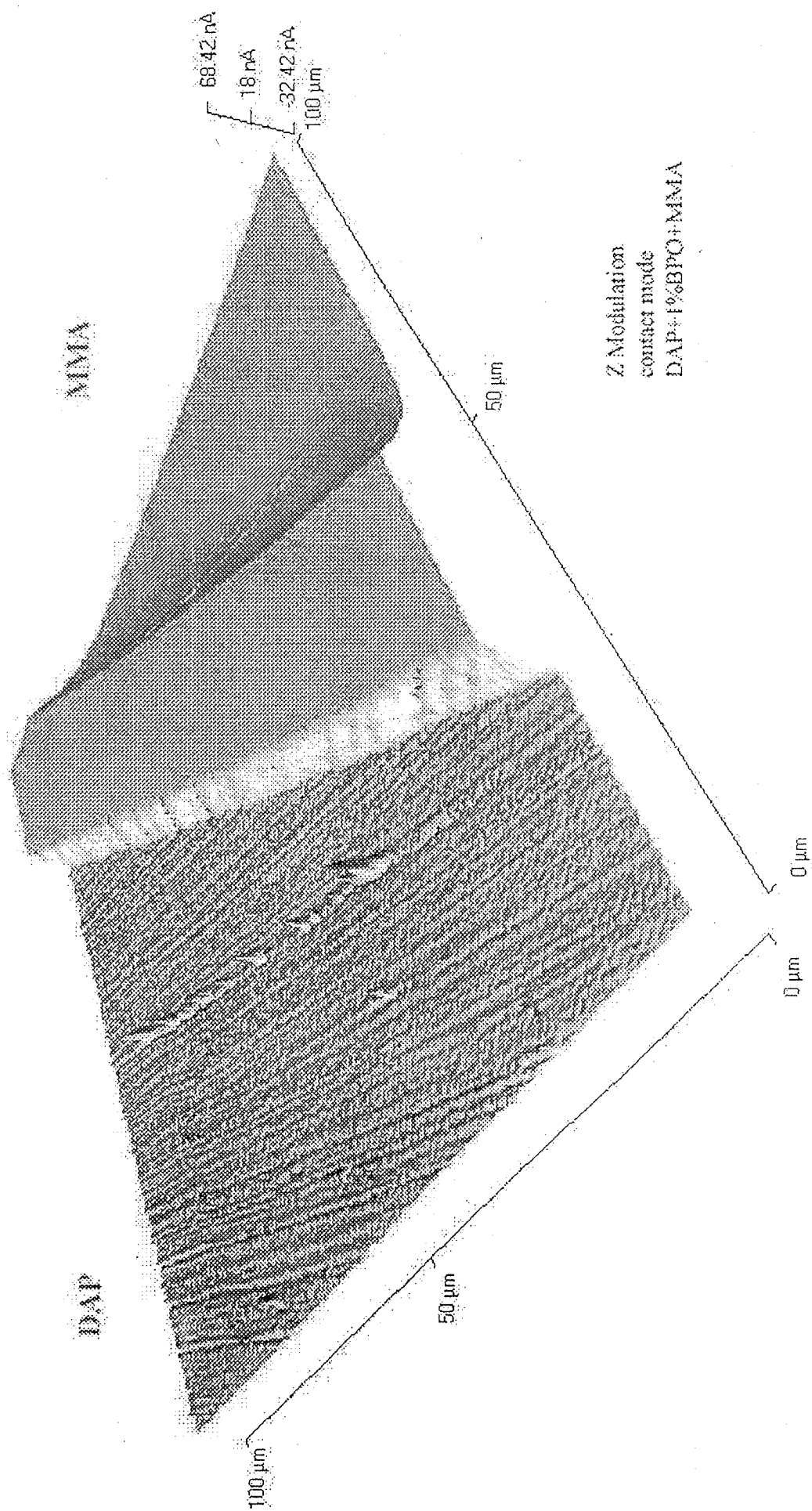
圖十一 DAP於定溫90度下加熱1小時之前聚合產物紅外光光譜圖



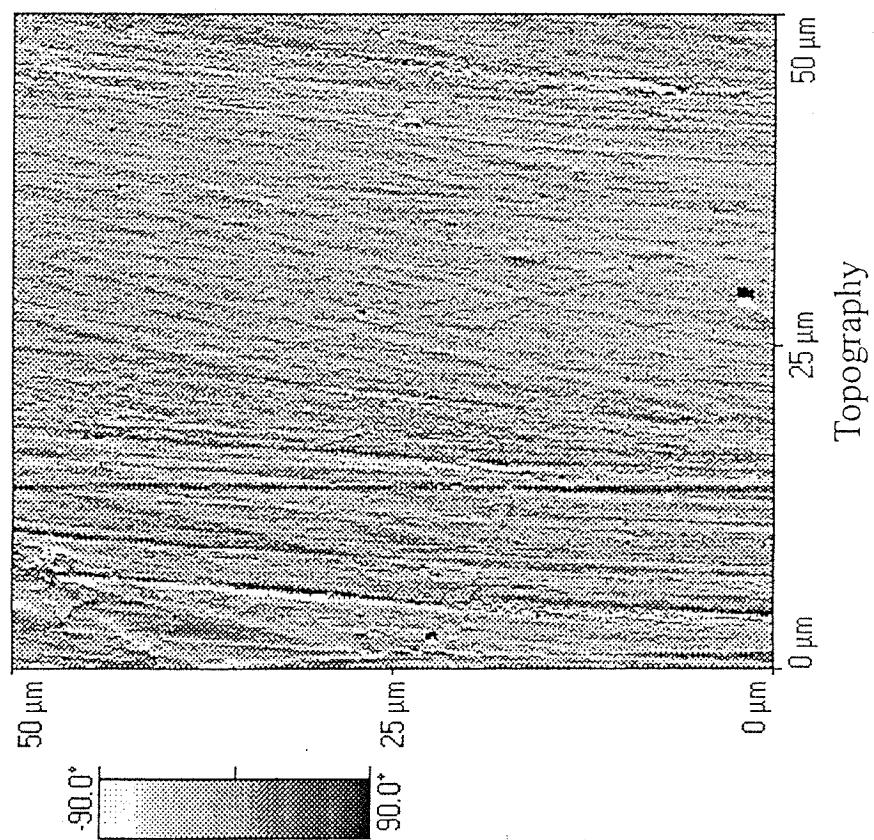
圖十二 DAP於定溫90度下加熱1.5小時之前聚合產物紅外光光譜圖



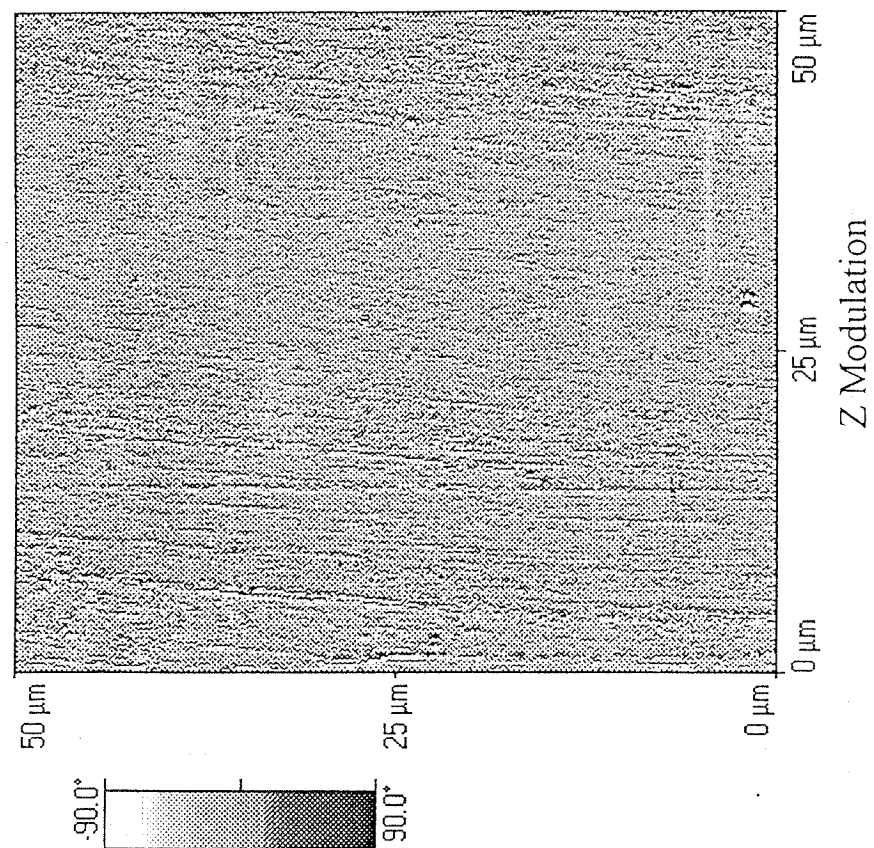
圖十三 利用原子力光學顯微鏡取得透鏡之切面圖



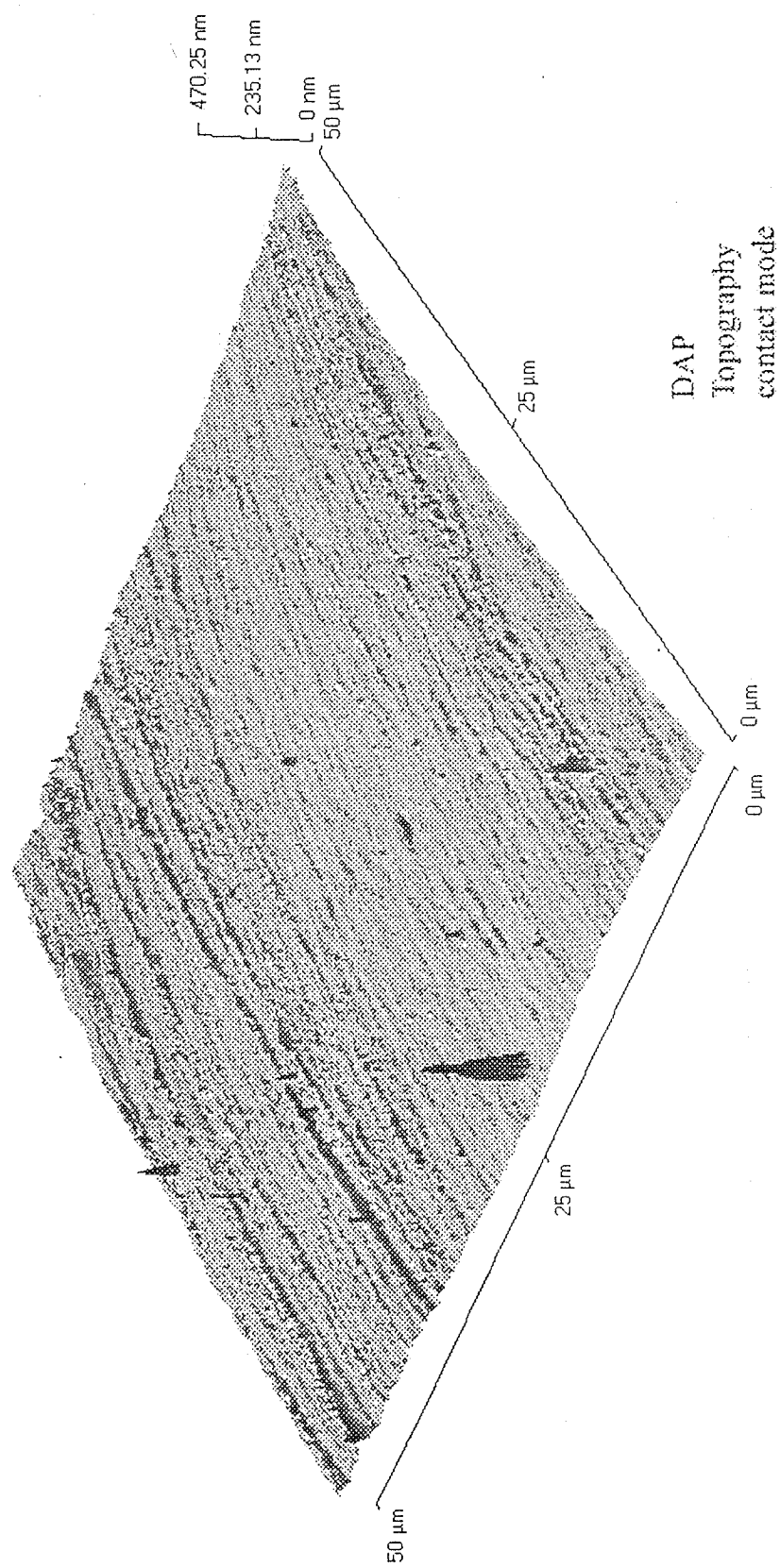
圖十四 利用原子力光學顯微鏡取得透鏡之切面立體圖



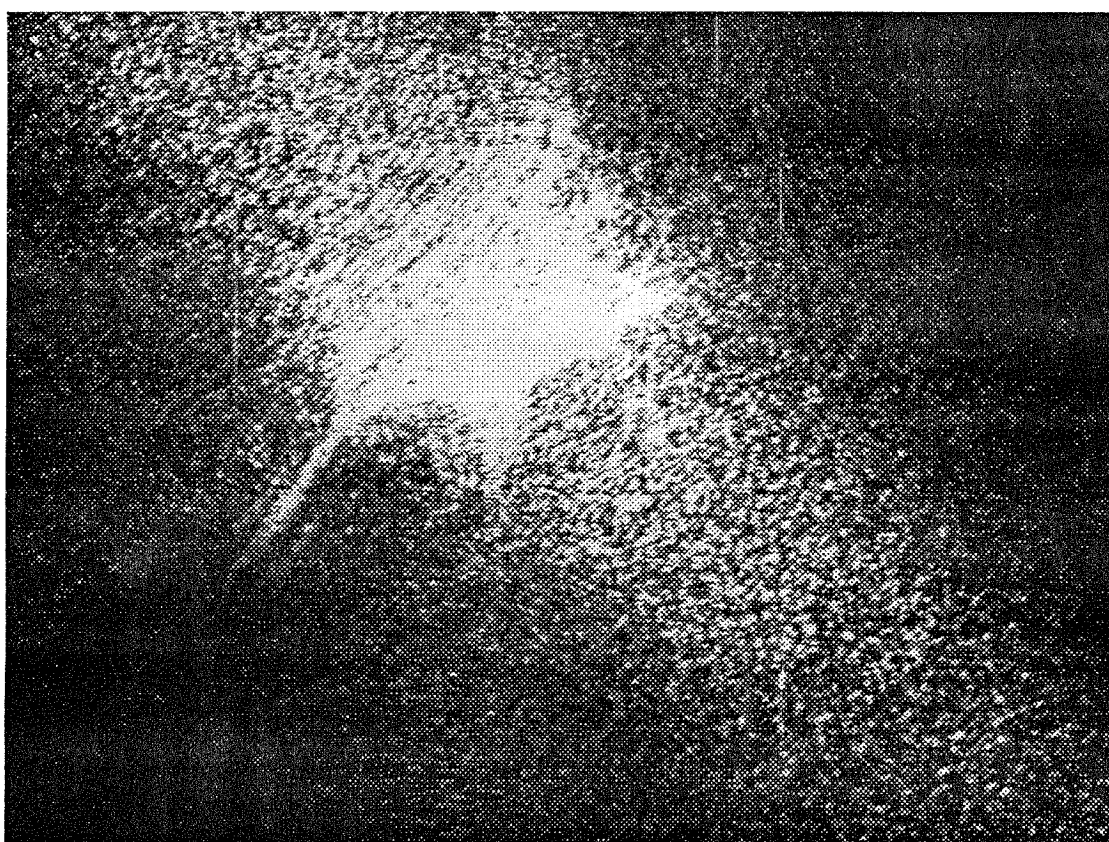
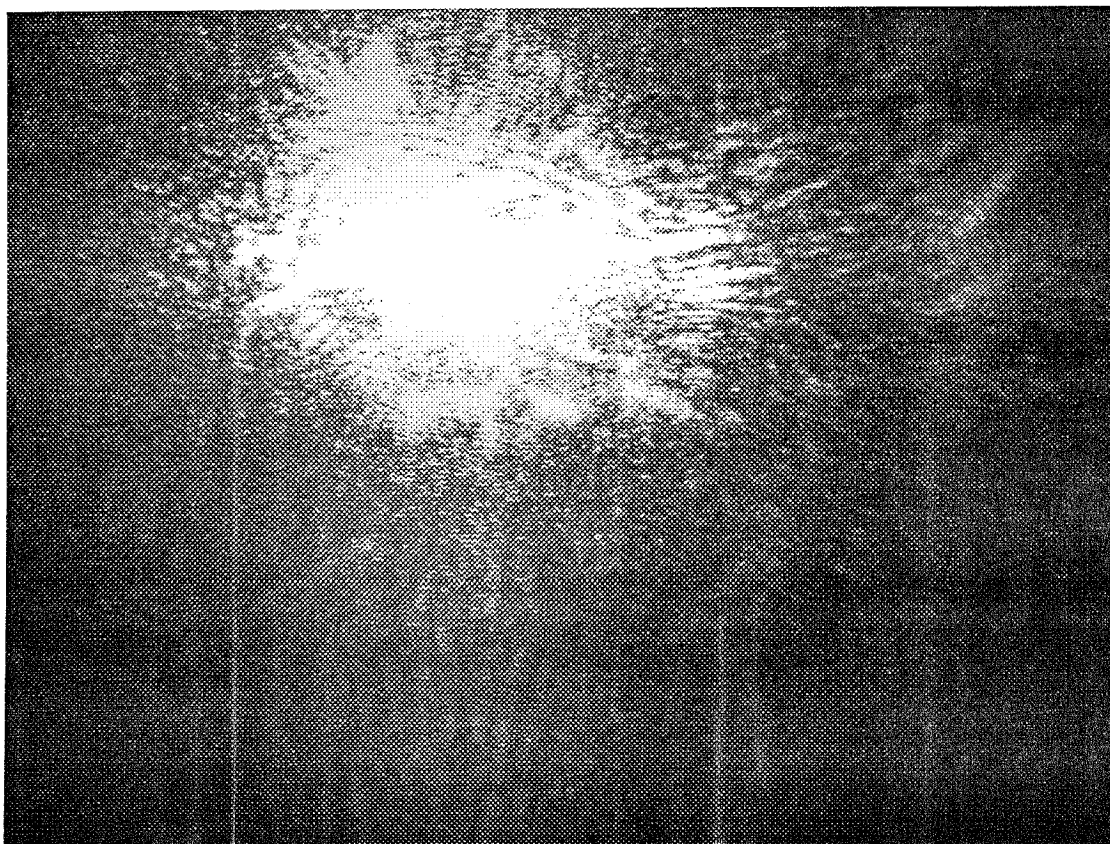
contact mode



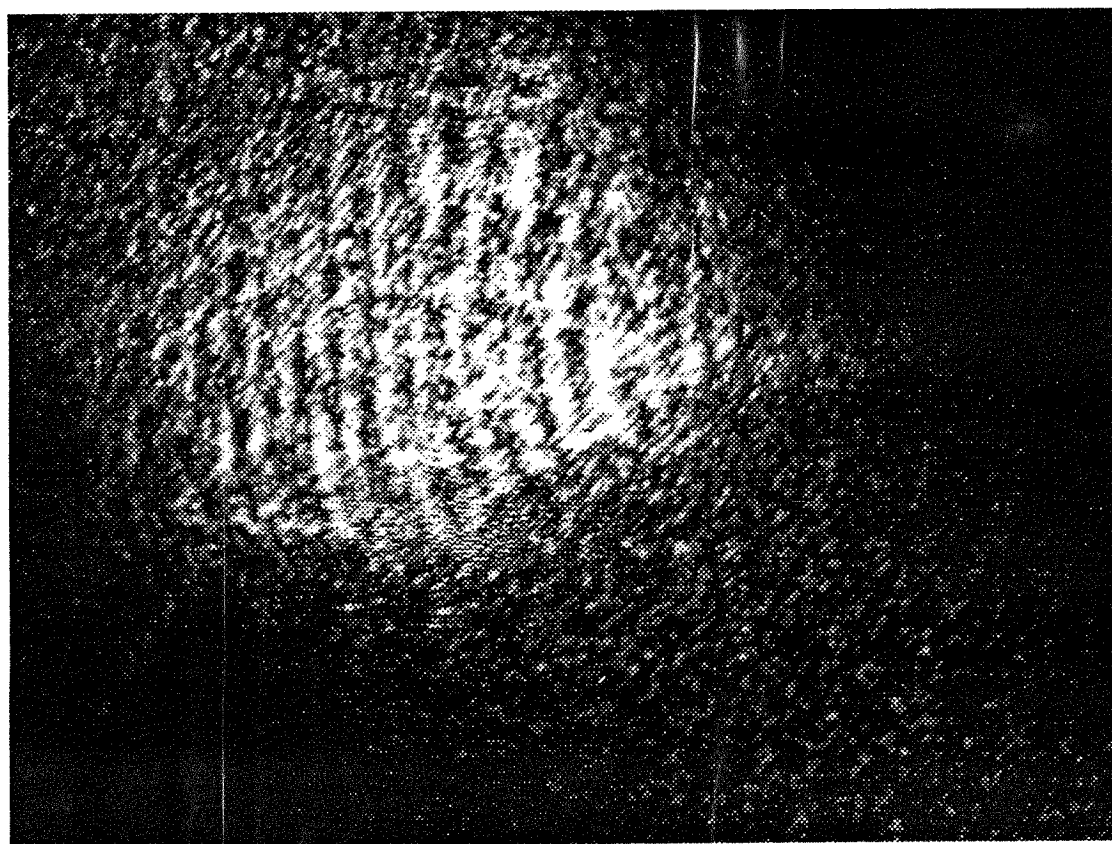
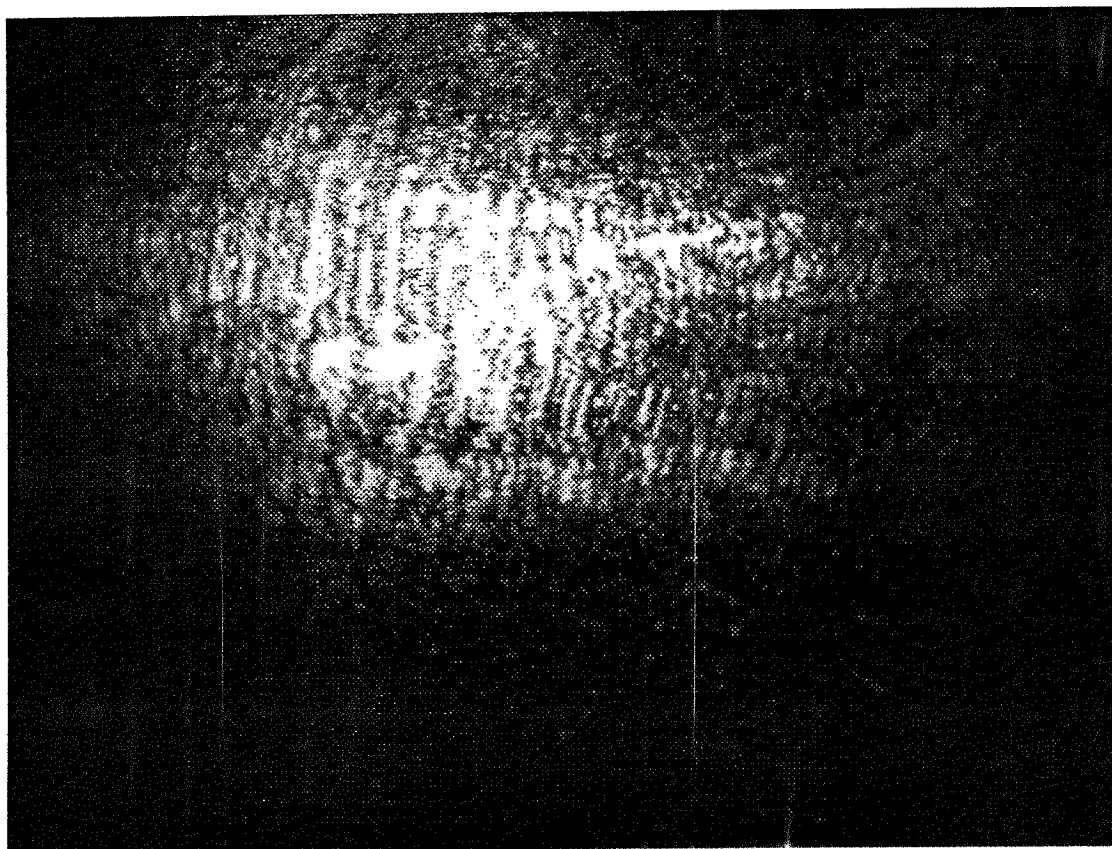
圖十五 利用原子力光學顯微鏡取得全聚合 DAP 透鏡之切面圖



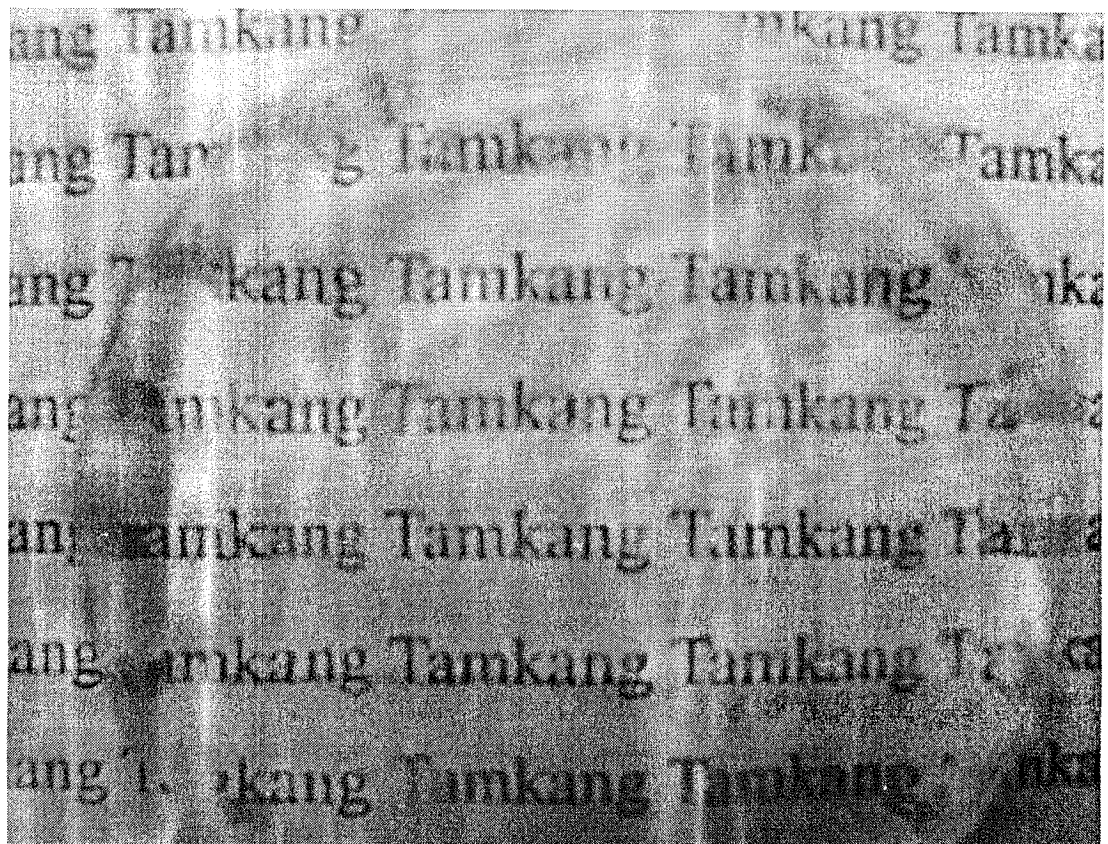
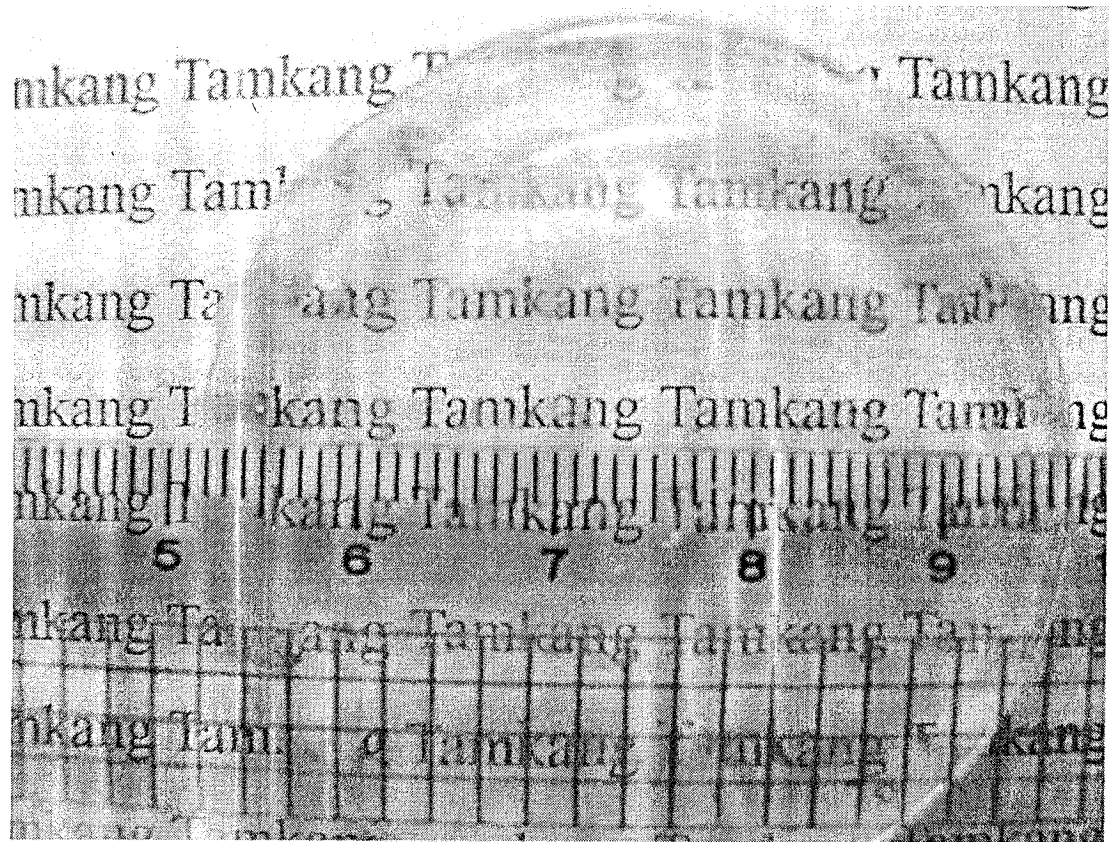
圖十六 利用原子力光學顯微鏡取得全聚合 DAP 透鏡之切面立體圖



圖十七 平行單色光通過平面微透鏡後,在焦點後方之光強度分佈



圖十八 利用光柵干涉儀所得平面微透鏡之干涉圖



圖十九 平面微透鏡之測試照片